



**TUGAS AKHIR – TL 141584**

**DESAIN PROSES PRODUKSI PROYEKTIL  
*FRANGIBLE* DENGAN PROSES METALURGI  
SERBUK**

MIFTA ULUL AZMI  
NRP. 2712100059

Dosen Pembimbing  
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si  
Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT – TL 141584**

**MANUFACTURING PROCESS DESIGN OF  
FRANGIBLE PROJECTILE WITH POWDER  
METALLURGY**

MIFTA ULUL AZMI  
NRP. 2712100059

Advisor

Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si

Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T

DEPARTMENT OF MATERIALS AND  
METALLURGICAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

**DESAIN PROSES PRODUKSI PROYEKTIL *FRANGIBLE*  
DENGAN PROSES METALURGI SERBUK**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi Metalurgi Manufaktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :

**Mifta Ulul Azmi**

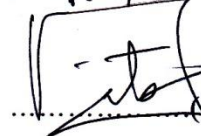
**NRP. 2712100059**

**Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :**

Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si

 ..... ( Pembimbing I )

Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T

 ..... ( Pembimbing II )

**SURABAYA**

**JULI 2016**



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DESAIN PROSES PRODUKSI PROYEKTIL *FRANGIBLE* DENGAN PROSES METALURGI SERBUK

Nama : Mifta Ulul Azmi  
NRP : 2712 100 0059  
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si  
Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T

### **ABSTRAK**

*Peluru frangible memiliki kelebihan yaitu mengurangi proses ricochet (pantulan acak) dengan hancur menjadi serpihan kecil saat mengenai permukaan yang keras. Proyektil jenis ini telah dikembangkan secara luas di dunia internasional namun belum demikian di Indonesia. Maka dari itu dikembangkan peluru frangible berbahan komposit tembaga dan timah (Cu-Sn) dengan proses metalurgi serbuk. Proses metalurgi serbuk terdiri dari proses utama yaitu atomisasi, karakterisasi serbuk, pencampuran, kompaksi, dan sintering. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara batch, 330 hari/tahun dan 24 jam/hari dengan kapasitas produksi 1.168 ton/hari. Bahan baku yang dibutuhkan sebanyak 385.605 ton/tahun. Lokasi pabrik berada di Turen-Malang, dengan bentuk perusahaan perseroan terbatas. Pendirian pabrik peluru frangible memerlukan biaya investasi modal tetap sebesar Rp41,835,134,134.03, modal kerja sebesar Rp35,559,864,013.93, biaya produksi per tahun sebesar Rp73,948,338,192.75, dan hasil penjualan per tahun Rp53,985,125,220.65. Dari analisa ekonomi didapatkan BEP sebesar 25%, ROI sesudah pajak 0.9%, POT sesudah pajak 3.38 tahun. Dari segi teknis dan ekonomis, pabrik ini layak untuk didirikan*

**Katakunci:** *peluru frangible, metalurgi serbuk, desain proses produksi, analisa ekonomi*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# MANUFACTURING PROCESS DESIGN OF FRANGIBLE PROJECTILE WITH POWDER METALLURGY

Name of Student : Mifta Ulul Azmi  
Student ID : 2712 100 0059  
Department : Material and Metallurgical  
engineering  
Supervisor Lecture : Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si  
Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T

## **ABSTRACT**

*Frangible bullets have an advantage that reduce ricochet (random reflection) that crumble into small pieces when it hits a hard surface. This bullet has been developed global extensively but not so in Indonesia. Now developed frangible bullet made from a composite of copper and tin (Cu-Sn) with powder metallurgy process. Powder metallurgy process consist of the main step, there are atomization, powder characterization, mixing, compacting, and sintering. This factory planned to operate with batch system, 330 days/year and 24 hours/day with production capacity are 1.168 ton/day. Raw material needed are 385.605 ton/year. The location at Turen-Malang, with corporate type is PT. Establish frangible bullet factory need fixed capital investment Rp41,835,134,134.03, working capital cost Rp35,559,864,013.93, total production cost Rp73,948,338,192.75 and profit sales Rp53,985,125,220.65. From the economic analysis, BEP obtained 25%, ROI after tax is 0.9%, POT after tax is 3.38 year. Based from technical and economical analysis, this plant is feasible to set.*

**Keywords :** *frangible bullets, powder metallurgy, manufacturing process design, economic analysis*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

	hal
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	v
Abstrak.....	vii
Abstract.....	ix
Kata Pengantar .....	xi
Daftar Isi .....	xiii
Daftar Gambar.....	xvii
Daftar Tabel .....	xix

### BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang .....	1
1.2	Perumusan Masalah .....	2
1.3	Batasan Masalah .....	2
1.4	Tujuan Penelitian .....	2
1.5	Manfaat Penelitian .....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Peluru <i>Frangible</i> .....	5
2.2	Pengembangan Projektil <i>Frangible</i> dan Hasil yang Telah Dicapai .....	7
2.3	Metalurgi serbuk .....	9
2.3.1	Atomisasi .....	10
2.3.2	Karakterisasi Serbuk .....	11
2.3.3	<i>Mixing</i> .....	12
2.3.4	Kompaksi .....	13
2.3.5	Sintering.....	13
2.4	Manufaktur Peluru Saat Ini .....	15
2.5	Desain Proses Produksi .....	22
2.5.1	Penentuan Kebutuhan Pasar dan Ketersediaan bahan Baku .....	22
2.5.2	Penentuan Lokasi dan Analisa Kondisi Lingkungan .....	23
2.5.3	Seleksi Proses.....	25
2.5.4	Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi .....	26

2.5.5	Penentuan Spesifikasi Alat.....	26
2.5.6	Perhitungan Analisa Ekonomi.....	27
2.6	Gambaran Umum Perusahaan .....	28
2.6.1	Sejarah Singkat Perusahaan .....	28
2.6.2	Visi dan Misi Perusahaan .....	29
2.6.3	Struktur Organisasi PT. Pindad (Persero) .....	29
2.6.4	Kegiatan Usaha Perusahaan.....	30

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	31
3.2	Pengumpulan Data Sekunder .....	32
3.3	Proses Perancangan .....	33
3.3.1	Penentuan Kebutuhan Pasar dan Ketersediaan Bahan Baku .....	33
3.3.2	Penentuan Lokasi dan Analisa Kondisi Lingkungan .....	34
3.3.3	Seleksi Proses.....	34
3.3.4	Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi.....	35
3.3.5	Penentuan Spesifikasi Alat.....	35
3.3.6	Pembuatan <i>Block Diagram</i> .....	36
3.3.7	Perhitungan Analisa Ekonomi.....	36

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Lokasi Perusahaan.....	37
4.2	Perhitungan Neraca Massa .....	41
4.3	Spesifikasi Alat .....	47
4.4	Analisa Ekonomi.....	50
4.4.1	Kapasitas Produksi Pabrik.....	50
4.4.2	Harga Bahan Baku .....	51
4.4.3	Harga Peralatan.....	51
4.4.4	Penentuan Total Capital Investment (TCI).....	51
4.4.5	Penentuan Biaya Produksi Total (TPC).....	53
4.4.6	Asumsi Perhitungan Ekonomi yang Digunakan .....	55

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	63
-----	------------------	----

5.2	Saran .....	64
-----	-------------	----

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**  
**BIODATA PENULIS**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Berbagai macam peluru kaliber 9 mm.....	5
<b>Gambar 2.2</b> Peluru kaliber 9 mm setelah membentur target .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Proses Metalurgi Serbuk .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Skema Atomisasi vertical.....	11
<b>Gambar 2.5</b> Mekanisme pengadukan serbuk .....	12
<b>Gambar 2.6</b> Skema perubahan porositas selama sintering .....	15
<b>Gambar 2.7</b> Simbol PFD untuk reactor, pengaduk, tangki, dan <i>vessels</i> .....	22
<b>Gambar 2.8</b> Struktur Organisasi PT. Pindad (Persero) .....	29
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir perancangan .....	33
<b>Gambar 4.1</b> Peta Lokasi PT. Pindad(Persero) Turen-Malang ..	40
<b>Gambar 4.2</b> Analogi Sistem yang Digunakan .....	41
<b>Gambar 4.3</b> Aliran Massa pada <i>Atomizer (Cu)</i> .....	41
<b>Gambar 4.4</b> Aliran Massa pada <i>Atomizer (Sn)</i> .....	42
<b>Gambar 4.5</b> Aliran Massa pada <i>Sieving (Cu)</i> .....	43
<b>Gambar 4.6</b> Aliran Massa pada <i>Sieving (Sn)</i> .....	43
<b>Gambar 4.7</b> Aliran Massa pada Reaktor <i>Mixing</i> .....	44
<b>Gambar 4.8</b> Aliran Massa pada Kompaksi .....	45
<b>Gambar 4.9</b> Aliran Massa pada <i>Conveyor Belt</i> .....	45
<b>Gambar 4.10</b> Aliran Massa pada Sinter <i>Furnace</i> .....	46
<b>Gambar 4.11</b> Kurva BEP .....	61

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Penelitian Sebelumnya tentang material Cu-Sn .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Karakteristik peluru <i>frangible</i> .....	9
<b>Tabel 2.3</b> Proses Produksi Peluru di PT. Pindad (Persero) .....	15
<b>Tabel 2.4</b> Produksi Cu Tahun 2012 .....	24
<b>Tabel 2.5</b> Produksi Sn Tahun 2012 .....	24
<b>Tabel 4.1</b> Jenis Golongan Tarif Dasar Listrik .....	37
<b>Tabel 4.2</b> Neraca Massa <i>Atomizer (Cu)</i> .....	42
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa <i>Atomizer (Sn)</i> .....	42
<b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa <i>Sieving (Cu)</i> .....	43
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa <i>Sieving (Sn)</i> .....	44
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa Reaktor <i>Mixing</i> .....	44
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Massa Kompaksi .....	45
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Massa <i>Conveyor Belt</i> .....	46
<b>Tabel 4.9</b> Neraca Massa Sinter <i>Furnace</i> .....	46
<b>Tabel 4.10</b> Kapasitas produksi pabrik .....	50
<b>Tabel 4.11</b> Harga bahan baku .....	51
<b>Tabel 4.12</b> Perhitungan biaya langsung .....	51
<b>Tabel 4.13</b> Perhitungan biaya tak langsung .....	52
<b>Tabel 4.14</b> Perhitungan biaya produksi langsung .....	53
<b>Tabel 4.15</b> Perhitungan biaya tetap .....	54
<b>Tabel 4.16</b> Perhitungan biaya pengeluaran umum .....	54
<b>Tabel 4.17</b> Perhitungan biaya total produksi .....	56
<b>Tabel 4.18</b> Modal pinjaman selama masa konstruksi .....	56
<b>Tabel 4.19</b> Modal sendiri selama masa konstruksi .....	57
<b>Tabel 4.20</b> Hasil penjualan produk .....	57
<b>Tabel 4.21</b> <i>Trial</i> laju bunga (i) .....	58
<b>Tabel 4.22</b> <i>Cummulative cash flow</i> .....	59
<b>Tabel 4.23</b> Biaya FC, VC, SVC, dan S .....	60

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1. 1 Latar Belakang**

Seiring derasnya arus globalisasi yang mempengaruhi kehidupan berbangsa dan bernegara, berbagai negara telah berlomba-lomba dalam penguasaan dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam segala aspek kehidupan, termasuk juga bidang pertahanan. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang pertahanan dapat menimbulkan ancaman militer dan ancaman non militer semakin luas. Untuk itu, kemajuan iptek harus dimanfaatkan untuk mendukung terwujudnya pertahanan negara yang kuat. Salah satu usaha untuk membangun pertahanan negara yang kuat yaitu melalui pengembangan industri pertahanan. Untuk dapat melayani permintaan yang semakin banyak industri tersebut harus mempercepat proses produksi, menambah karyawan dan alat produksi, selain harus tetap meningkatkan kualitasnya.

Salah satu kebutuhan pertahanan negara adalah peluru. Peluru konvensional yang digunakan saat ini dapat membahayakan penembak atau pun orang lain, karena dapat memantul atau disebut *ricochet*. Terdapat satu jenis peluru yang merupakan solusi dari peristiwa *ricochet*, yaitu peluru yang bersifat *frangible* (Antonio, 2013). Proses manufaktur peluru *frangible* ini tidak seperti proses manufaktur peluru biasanya yang menggunakan metode *casting*, *rolling*, dan *deep drawing*. Proses manufaktur peluru *frangible* ini menggunakan metode metalurgi serbuk dan didesain untuk pecah apabila menumbuk benda yang keras, sehingga tidak terjadi *ricochet*.

Proses metalurgi serbuk dapat digunakan untuk menghasilkan *metal-matrix composite*. Campuran serbuk logam yang ditekan dengan *cold press* akan menghasilkan densitas yang tinggi. Proses metalurgi serbuk untuk pembuatan peluru dapat dikembangkan untuk desain dan kinerja dari sebuah peluru (Mikko, 2000).



Peluru jenis ini telah dikembangkan secara luas di dunia internasional namun belum demikian di Indonesia. Penelitian sebelumnya oleh Vicko (2014) mengenai peluru *frangible* telah memvariasikan komposisi Sn dan tekanan kompaksi dan Paiman (2014) yang memvariasikan temperatur dan waktu tahan sintering. Pengaruh temperatur sintering terhadap *frangibility factor* dan performa balistik peluru *frangible* milik Khoiril (2015) telah diperoleh. Untuk mengembangkan penelitian tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan perancangan terhadap proses produksi peluru *frangible* dengan proses metalurgi serbuk yang memenuhi standar militer dan bernilai ekonomis sehingga dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk produk ekspor.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perancangan proses produksi peluru *frangible* kaliber 9 mm dengan menggunakan proses metalurgi serbuk ?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar didapatkan hasil akhir yang baik dan sesuai dengan tujuan perancangan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan masalah pada perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder dari penelitian Tugas Akhir dan Thesis yang telah dilakukan sebelumnya di Laboratorium Fisika Material.
2. Perancangan ini terbatas pada analisa perhitungan tanpa melakukan eksperimen

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perancangan proses produksi peluru *frangible* kaliber 9 mm dengan menggunakan proses metalurgi serbuk



---

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rancangan proses pembuatan proyektil peluru *frangible* dengan menggunakan proses metalurgi serbuk. Selain itu penelitian ini juga mampu digunakan sebagai inovasi dalam pembuatan produk pertahanan dan persenjataan nasional.



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Peluru *Frangible*

Peluru pada umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu proyektil, kelongsong, mesiu, dan pematik. Proyektil merupakan bagian dari peluru yang meluncur di udara akibat adanya ekspansi termal yang terjadi di dalam kelongsong. Proyektil terdiri dari tiga bagian yaitu jaket, *nose*, dan *core*. Hal-hal yang mempengaruhi kinerja dari peluru antara lain arah bidikan, posisi dan material yang digunakan (Petraco, 1990).

Peluru konvensional dibuat melalui paduan timbal. Keuntungan peluru timbal adalah biaya produksi yang rendah, berat jenis dan keuletan tinggi. Berat jenis yang tinggi pada desain peluru sangat penting karena semakin tinggi berat jenis akan mampu menghasilkan momentum yang besar. Namun, timbal merupakan salah satu bahan penyumbang polusi bagi lingkungan. Efek yang dirasakan tidak hanya bagi lingkungan tetapi juga kesehatan manusia. Timbal merupakan satu dari empat logam yang memberikan efek buruk bagi kesehatan manusia. Peluru yang terbuat dari timbal sangat membahayakan penembak. Ledakan mesiu didalam kelongsong menyebabkan sedikit timbal terbakar dan menghasilkan asap yang keluar dari senapan. Jarak senapan dengan penembak relatif dekat, sehingga menyebabkan asap tersebut terhirup oleh penembak. Pada Gambar 2.1 berikut ini ditampilkan berbagai macam peluru kaliber 9 mm.



**Gambar 2.1.** Berbagai macam peluru kaliber 9 mm  
(J. Komenda, 2013)



Selain itu, peluru konvensional yang digunakan saat ini dapat membahayakan penembak ataupun orang lain, karena dapat memantul atau disebut *ricochet*. Peluru konvensional ini juga berpotensi untuk terjadi *back-splatter* saat digunakan untuk latihan menembak. (Anil V. Nadkarni, 2003)

Terdapat satu jenis peluru yang merupakan solusi dari peristiwa *ricochet*, yaitu peluru yang bersifat *frangible*. Peluru *frangible* banyak digunakan pada aplikasi kegiatan latihan menembak. Baik diaplikasikan pada lingkungan terbuka maupun tertutup karena memiliki karakteristik *frangibility* (pecah) dibandingkan peluru berbasis timbal (Benini, 2001). Peluru *frangible* didesain agar dapat terpecah menjadi beberapa bagian ketika membentur baja, beton, tembok atau permukaan lain yang keras untuk mencegah terjadinya pemantulan. Peluru *frangible* setelah membentur target ditunjukkan pada Gambar 2.2. Perkembangan peluru *frangible* tergolong masih baru, hal ini berangkat dari penggunaan proyektil standar yang digunakan sesuai dengan jarak tembakan dan kebutuhan perlindungan pribadi.



**Gambar 2.2.** Peluru kaliber 9 mm setelah membentur target  
(J. Komenda, 2013)





Peluru konvensional terbuat dari timbal yang dilapisi tembaga. Sedangkan peluru *frangible* dibuat dari komposit matrik logam dengan logam atau logam paduan meliputi tembaga atau paduannya, timah, nikel, emas, perak, besi, tungsten, kromium, dan paduannya (Benini, 2001). Komposit ini ditekan dengan tekanan tinggi dan direkatkan dengan menggunakan perekat secara bersamaan. Material tersebut dikompres ke dalam bentuk yang diinginkan. Untuk meningkatkan kinerjanya maka peluru komposit ini juga dilakukan proses sintering (Mikko, 2000).

## 2.2 Pengembangan Proyektil *Frangible* dan Hasil yang Telah Dicapai

Berbagai macam penelitian sebelumnya tentang material Cu-Sn telah dilakukan menggunakan berbagai variasi komposisi Sn, temperatur sintering, tekanan kompaksi, dan waktu tahan sintering. Pada Tabel 2.1 menunjukkan beberapa penelitian yang pernah dilakukan.

**Tabel 2.1** Penelitian Sebelumnya tentang material Cu-Sn

Peneliti	Metode	Hasil
Jhony dan Widyastuti (2014)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Komposisi Cu-10% Sn</li><li>• P = 600 MPa</li><li>• T = 300, 500, 700 °C</li><li>• h = 30, 60, 90 menit</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Terbentuk senyawa intermetalik <math>\text{Cu}_3\text{Sn}</math>, <math>\text{Cu}_6\text{Sn}_5</math>, <math>\text{Cu}_{10}\text{Sn}_3</math>, <math>\text{Cu}_{41}\text{Sn}_{11}</math>, dan <math>\text{Cu}_{81}\text{Sn}_{21}</math></li><li>• Densitas 7,19 - 7,94 <math>\text{g/cm}^3</math></li><li>• Kekerasan 21,33 - 60,67 HRF</li><li>• Kekuatan tekan 204,04 – 796,25 MPa</li></ul>
Anugraha dan Widyastuti	<ul style="list-style-type: none"><li>• Komposisi Cu-5% Sn,</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Terbentuk senyawa intermetalik <math>\text{Cu}_3\text{Sn}</math>,</li></ul>



(2014)	Cu-10%Sn, Cu-15%Sn <ul style="list-style-type: none"> <li>• P = 300, 400, 500 MPa</li> <li>• T = 260 °C</li> <li>• h = 30 menit</li> </ul>	Cu <sub>6</sub> Sn <sub>5</sub> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Densitas 7,19 - 7,44 g/cm<sup>3</sup></li> <li>• Kekerasan 39 - 83 HRF</li> <li>• Kekuatan tekan 143,86 – 275,72 MPa</li> </ul>
Benini (2001)	• Komposisi Cu-10%Sn <ul style="list-style-type: none"> <li>• T = 0, 260, 810°C</li> <li>• h = 30 menit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densitas 6,53 g/cm<sup>3</sup> - 7,27 g/cm<sup>3</sup></li> <li>• Kekerasan 52,7 - 73,7 HRH.</li> <li>• Nilai <i>transfer rupture strength</i> 3651 – 32625 psi.</li> </ul>
Firmansyah dan Widyastuti (2015)	• Komposisi 10%Sn <ul style="list-style-type: none"> <li>• P = 600 MPa</li> <li>• T = 200, 300, 400, 500, 600°C</li> <li>• h = 30 menit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semakin tinggi temperatur sintering maka semakin besar nilai kekuatan tekan, modulus elastisitas, kecepatan batas (<math>v_{lim}</math>), dan energi kinetik <math>Ek_{lim}</math>, sehingga nilai <i>Frangibility Factor</i> (FF) menjadi semakin kecil.</li> <li>• Variasi temperatur sintering yang menghasilkan nilai FF paling besar adalah 200 °C yaitu sebesar 9,34.</li> </ul>



Secara umum densitas dari peluru *frangible* menurut Hansen (2008) harus memiliki densitas dengan kisaran 1,75 g/cc-8,25 g/cm<sup>3</sup>. Sedangkan untuk peluru *frangible* yang sesuai dengan karakteristik uji tembak memiliki densitas dengan kisaran 7,1-8,5 g/cm<sup>3</sup> (Joys, 2012). Pada penelitian yang dilakukan oleh Kruachatturat dkk (2009) menyebutkan bahwa kekuatan tekan yang harus dimiliki oleh peluru *frangible* berada pada kisaran 31-310 MPa. Dengan nilai kekerasan permukaan pada kisaran 54 – 119 HV. Pada Tabel 2.2 ditampilkan data karakteristik peluru *frangible* produk dari *Sinterfire* dan SR.

**Tabel 2.2** Karakteristik peluru *frangible* (Rydlo,2010)

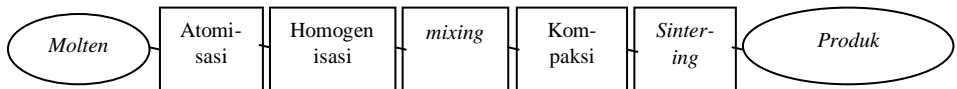
<b>Peluru <i>Frangible</i></b>	<b>Sinterfire</b>	<b>SR</b>
Kaliber d (m)	0,009	0,009
Panjang peluru l <sub>s</sub> (m)	0,0161	0.01435
Massa peluru m <sub>s</sub> (kg)	0,00648	0,0055
Densitas peluru ρ <sub>s</sub> (kg.m <sup>-3</sup> )	7443	6763
Modulus elastisitas saat penekanan K <sub>s</sub> (MPa)	10597	3999
Tekanan relatif maksimal peluru ε <sub>sx, lim</sub> (1)	0,01172	0,01255
Batas velositas peluru v <sub>s, lim</sub> (m.s <sup>-1</sup> )	69,4	32,9
Batas energi kinetik peluru E <sub>ks,lim</sub> (J)	15,6	2,9
Energi kinetik peluru jarak 2 m dari laras E <sub>k2</sub> (J)	470,3	366,4
Faktor <i>frangibility</i> peluru FF (1)	30,1	126,3

### 2.3 Metalurgi Serbuk

Metalurgi Serbuk merupakan proses manufaktur *near-net* atau *net-shape* yang mengkombinasikan teknologi *shape-making* untuk kompaksi serbuk dengan mengembangkan desain sifat akhir material (sifat fisik dan mekanik) selama proses densifikasi



dan konsolidasi (ASM Handbook, 1997). Urutan prosesnya melibatkan aplikasi prinsip dasar panas, kerja, dan deformasi serbuk. Proses manufaktur metalurgi serbuk dapat dikelompokkan menjadi : proses atomisasi, homogenisasi serbuk, *mixing*, kompaksi, dan sintering. Aliran proses metalurgi serbuk ditunjukkan pada Gambar 2.3 ini.

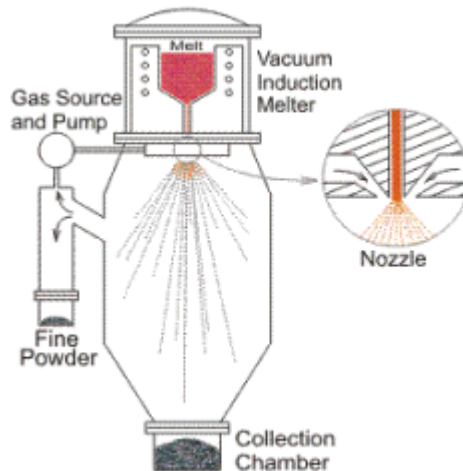


**Gambar 2.3** Proses Metalurgi Serbuk

Dari Gambar 2.3, urutan proses metalurgi serbuk dapat dijelaskan sebagai berikut.

### **2.3.1 Atomisasi**

Atomisasi merupakan proses untuk membuat serbuk dari logam cair menggunakan gas yang ditiupkan dengan tekanan tinggi. Cara ini cukup flexibel digunakan untuk beberapa logam. Gas yang digunakan dalam proses atomisasi antara lain nitrogen, helium, atau argon. Atomisasi menggunakan prinsip perpindahan energi tinggi(dari gas berkecepatan tinggi) ke logam cair untuk menghasilkan tetesan serbuk. Skema proses atomisasi vertikal ditunjukkan pada gambar 2.4 di bawah ini



**Gambar 2.4** Skema Atomisasi vertikal (German, 1984)

Selama logam cair melewati ruang penyimpanan tetesan serbuk kehilangan panasnya. Gas inert pada ruang penyimpanan berfungsi untuk mencegah oksidasi.

### 2.3.2 Karakterisasi Serbuk

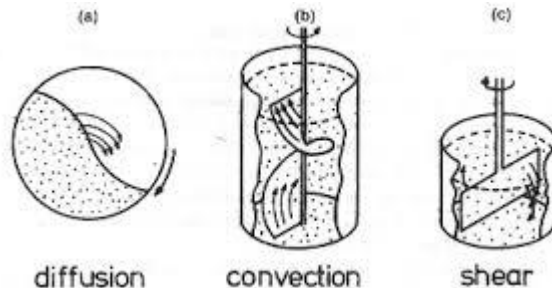
Karakterisasi dasar serbuk meliputi ukuran serbuk, distribusi ukuran serbuk, bentuk serbuk, berat jenis serbuk, mampu alir (*flowability*), dan mampu tekan (*compressibility*). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses metalurgi serbuk sebagai berikut :

1. Ukuran dan distribusi partikel serbuk
2. Bentuk partikel serbuk
3. Mampu alir serbuk (*flowability*)
4. Mampu tekan serbuk (*compressibility*)
5. Berat jenis serbuk (German, 1984)

### 2.3.3 *Mixing* (Pencampuran)



Proses pencampuran serbuk dilakukan untuk mendapatkan distribusi serbuk yang merata. Mekanisme dalam proses pengadukan yaitu difusi, konveksi, dan *shear*. Campuran difusi terjadi karena adanya gerakan dari tiap partikel masuk ke permukaan serbuk lainnya di dalam bejana yang berputar. Campuran konveksi terjadi karena perpindahan serbuk yang berdekatan dari satu lokasi ke lokasi lainnya dalam pengaduk berulir. Campuran *shear* terjadi karena adanya aliran serbuk dari perputaran bidang datar dalam *blade mixer*. Mekanisme pengadukan serbuk ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini



**Gambar 2.5** Mekanisme pengadukan serbuk. (a) difusi, (b) konveksi, (c) *shear*. (German,1984)

Banyak proses pengadukan serbuk menggunakan kontainer yang berputar. Interior tabung pengaduk menentukan efisiensi pengadukan, begitu pula dengan volume serbuk di dalam tabung pengaduk. Jika tabung pengaduk dipenuhi oleh serbuk, gerak serbuk terhambat. Volume serbuk antara 20 dan 40% dari kapasitas tabung pengaduk merupakan nilai yang optimal.

Kecepatan rotasi pengadukan juga berpengaruh besar terhadap efisiensi pengadukan. Kecepatan rotasi yang rendah akan memperpanjang waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan campuran yang merata. Sebaliknya, kecepatan rotasi yang tinggi akan menyebabkan serbuk ikut berputar searah dengan tabung pengaduk. Kecepatan rotasi optimal untuk tabung pengaduk dapat



ditentukan melalui persamaan 2.1 di bawah ini yang dikembangkan oleh Sundrica, yaitu :

$$N_o = 32/d^{1/2} \dots\dots\dots \text{pers}(2.1)$$

Dimana :

$N_o$  = kecepatan rotasi optimal dalam RPM

$d$  = diameter tabung dalam meter

(German,1984)

### 2.3.4 Kompaksi

Kompaksi merupakan proses pemberian gaya tekan pada serbuk agar memiliki kepadatan tinggi sehingga mempunyai bentuk tertentu dan mempunyai kekuatan yang cukup untuk mengalami proses selanjutnya. Tekanan yang diberikan pada serbuk, perilaku mekanik, dan laju penekanan merupakan parameter utama yang menentukan hasil kepadatan serbuk. Peningkatan tekanan akan memberikan hasil *packing* dan menurunkan porositas.

Kebanyakan alat kompaksi terdiri dari *punch* bagian atas dan bagian bawah. *Punch* bagian atas ditarik saat pengisian serbuk kedalam cetakan. *Punch* bagian bawah digunakan sebagai wadah selama pengisian. Hal tersebut disesuaikan dengan jumlah serbuk yang dibutuhkan. Pada saat kompaksi, tekanan maksimum diberikan pada serbuk. Setelah selesai, *Punch* bagian atas ditarik dan *punch* bagian bawah digunakan untuk mengeluarkan spesimen. Gaya yang dibutuhkan untuk mengeluarkan spesimen dari cetakan disebut *ejection force*.

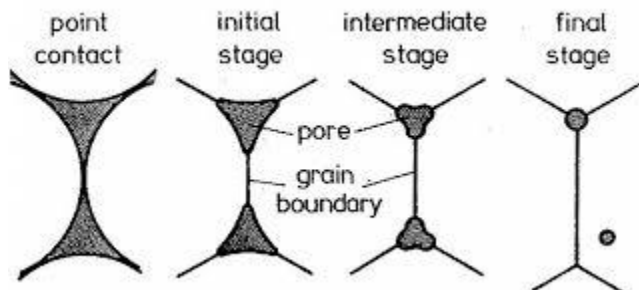
### 2.3.5 Sintering

Sintering merupakan proses pemanasan produk awal hasil kompaksi pada suatu temperatur yang dilakukan untuk membentuk suatu ikatan antar partikel melalui mekanisme difusi atom sehingga kekuatan produk awal meningkat. Selama sintering terdapat dua fenomena utama yaitu : penyusutan dan



pertumbuhan butir. Parameter proses sintering yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Temperatur sintering  
Dengan temperatur sintering yang tinggi akan terjadi penyusutan yang lebih besar, pertumbuhan butir, dan biaya yang mahal
2. Ukuran partikel serbuk  
Semakin halus serbuk maka semakin cepat laju sintering, dan level impuritas yang semakin baik.
3. Waktu sintering  
Semakin lama proses penyinteran berlangsung maka diameter serbuk semakin besar.
4. *Green Density*  
Densitas meningkat akan mengakibatkan terjadinya penyusutan yang kecil, terbentuk porositas yang lebih kecil dan diperoleh dimensi yang seragam.
5. Tekanan kompaksi  
Semakin tinggi tekanan kompaksi akan memperbanyak dislokasi sehingga mempercepat sintering. Selain itu produk awal kompaksi yang ditekan pada tekanan rendah akan menyusut lebih besar daripada produk awal yang ditekan dengan tekanan tinggi karena tekanan kompaksi mengurangi porositas dan menaikkan densitas produk awal. Mekanisme perubahan porositas selama sintering ditunjukkan pada Gambar 2.6 di bawah ini.





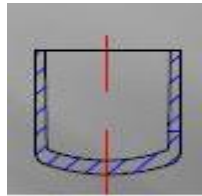
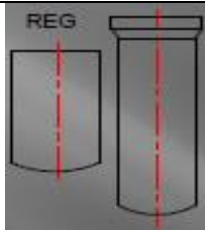
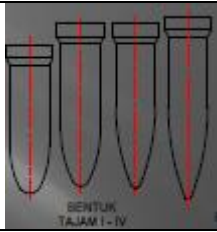


**Gambar 2.6** Skema perubahan porositas selama sintering  
(Effendi, 2008)

## 2.4 Manufaktur Peluru Saat Ini

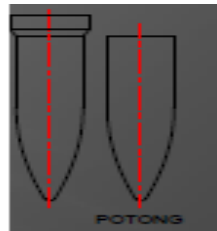
Terdapat proses yang umum digunakan untuk memproduksi peluru, salah satu produsennya adalah PT. Pindad (Persero) Turen-Malang, Jawa Timur. Pada Tabel 2.3 dibawah ini ditampilkan proses produksi yang telah dijalankan oleh PT. Pindad (Persero) Turen.

**Tabel 2.3** Proses Produksi Peluru di PT. Pindad (Persero)

Tahapan Proses	Bahan/Gambar
1. Pembuatan Selubung ( <i>Jacket</i> )	Cu-Zn berbentuk cup 
• Regang I dan II untuk memperoleh bentuk yang sesuai	
• Tajam I – IV untuk memperoleh ketajaman yang sesuai	



- Pemotongan untuk memperoleh dimensi yang dibutuhkan



## 2. Pembuatan Inti Timah

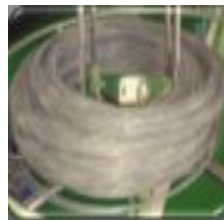


- *Pressing lead core*
- *Centrifugal Tumbling* untuk menghaluskan permukaan yang kasar



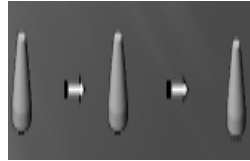
## 3. Pembuatan Inti Baja

*Steel Core*





- *Forming Press steel core*
- *Centrifugal Abrazing* untuk menghaluskan permukaan yang kasar dan memberi bentuk pada inti baja
- *Heat treatment* untuk mengurangi tegangan sisa

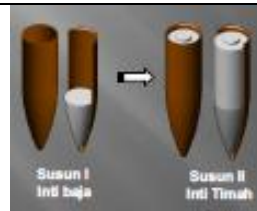


#### 4. Pembuatan Projektil

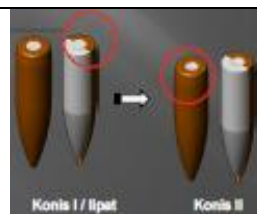
- Inti Baja
- Inti Timah
- Selubung



- Susun I dan II untuk menyusun inti baja dan timah didalam selubung



- Konis I dan II untuk melipat pangkal projektil





- Pemberian alur dan kaliber



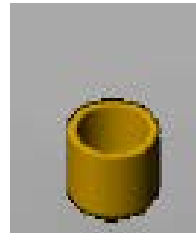
- Cuci trowal



- Pemberian mal panjang dan diameter
- Penimbangan proyektil
- Visual Inspection
- Pencucian proyektil
- Pemeriksaan proyektil

## 5. Pembuatan Selongsong

*Brass berbentuk cup*





- Regang I – III



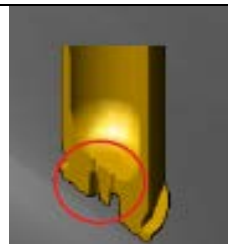
- *Annealing*
- *Pencucian*
- *Indeting & Heading & Crank Press Machine*



- *Degreasing plant (pencucian)*
- *Grooving & Trimming Machine (bubut pinggir)*



- *Pemberian lubang api*





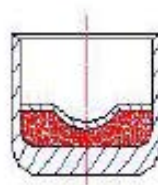
- *Case gauging machine*  
(pemberian mal)



- *Final cleaning & drying*
- *Mouth annealing machine*
- *Visual inspection*
- Perakitan selongsong

6. Penyusunan akhir

- Primer penggalak



- Selongsong proyektil





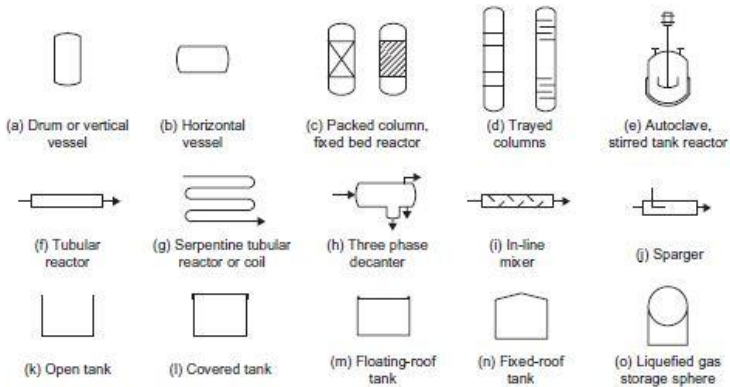
- Primer penggalak disusun bersama-sama dengan selongsong proyektil untuk menghasilkan amunisi



- Penimbangan amunisi
- *Visual Inspection*
- *Varnish tip*
- Pengemasan amunisi

## 2.5 Desain Proses Produksi

Desain proses merupakan proses membayangkan sebuah perkembangan proses produksi yang realistis, memikirkan banyak cara untuk perkembangan, memilih salah satu, dan merealisasikan rencana tersebut. Desain proses mencakup memilih solusi yang paling aman dengan biaya efektif serta dimensi dan karakteristik dari standar unit produk yang akan diproduksi (Moran, 2015). Desain proses diterjemahkan menjadi *Process Flow Diagram* (PFD). Diagram proses tersebut menunjukkan peralatan yang digunakan, komposisi, dan kondisi operasi, termasuk perpipaan, instrumentasi, desain alat, dan *plant layout*. Sebuah Diagram proses mempresentasikan simbol yang menunjukkan bagaimana proses produksi berlangsung, ada berbagai standar internasional untuk menggambar simbol PFD. Pada Gambar 2.7 di bawah ini ditampilkan berbagai simbol untuk menggambarkan PFD.



**Gambar 2.7** Simbol PFD untuk reaktor, pengaduk, tangki, dan vessels (Towler, 2013)

Jenis proses produksi dapat digolongkan menjadi proses *continuous* dan proses *batch*. Proses *continuous* didesain untuk beroperasi selama 24 jam dalam satu hari, 7 hari dalam satu minggu, sepanjang tahun. Beberapa waktu proses dapat dihentikan untuk perawatan, atau pergantian alat. Sedangkan proses *batch* beroperasi eventual, beberapa waktu berhenti dan dimulai kembali. Proses *continuous* biasanya digunakan untuk produksi dalam skala yang besar,. Proses *batch* digunakan jika ingin menghasilkan produk yang spesifik.

Berikut ini merupakan tahapan untuk membuat desain proses produksi :

### 2.5.1 Penentuan Kebutuhan Pasar dan Ketersediaan Bahan Baku

Dalam membuat desain proses produksi, menentukan kebutuhan pasar merupakan hal yang penting karena dengan itulah desain proses menjadi hal yang bermanfaat untuk masyarakat banyak. Desain proses yang dilakukan haruslah berdasarkan ilmu pengetahuan untuk menghasilkan sesuatu yang





bermanfaat, menguntungkan, dan dapat diterima dalam skala waktu tertentu.

Selain menentukan kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku merupakan aspek yang diperhatikan. Suatu desain proses produksi harus menentukan pemenuhan bahan baku dengan memperhatikan latar belakang proses produksi yaitu untuk menghabiskan bahan baku atau memenuhi kebutuhan pasar. Lokasi sumber bahan baku, lokasi proses produksi, dan lokasi pemasaran produk juga menentukan biaya transportasi yang harus dikeluarkan untuk menunjang keberlangsungan proses produksi tersebut.

### 2.5.2 Penentuan Lokasi dan Analisa Kondisi Lingkungan

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi proses produksi yaitu :

1. Penyediaan bahan baku dan pemasaran produk.

Bahan baku yang digunakan untuk membuat peluru *frangible* adalah serbuk Cu dan Sn. Pada Tabel 2.4 berikut ini akan ditampilkan produksi tambang mineral Cu pada tahun 2012.

**Tabel 2.4** Produksi Cu tahun 2012 (Kemenperin)

Nama Perusahaan	Produksi Cu
	(ton metric/tahun)
PT Freeport Indonesia	800
PT Newmont Nusa Tenggara	300
PT Smelting Gresik	270
<b>TOTAL</b>	1370

Pada Tabel 2.5 berikut ini ditampilkan produksi tambang mineral Sn pada tahun 2012.

**Tabel 2.5** Produksi Sn tahun 2012 (Kemenperin)



Nama Perusahaan	Produksi Sn (ton metric/tahun)
PT Koba Tin	25
PT Tambang Timah Tbk	60
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>

2. Penyediaan tenaga listrik dan bahan bakar  
Sarana pendukung ini tidak dapat diabaikan karena hampir setiap aktivitas pabrik membutuhkan listrik dan bahan bakar. Pengadaan listrik dapat diperoleh dari PLN.
3. Iklim dan letak geografis  
Iklim yang baik (kelembapan udara, intensitas panas matahari, curah hujan, dan angin) serta kondisi tanah yang baik mempengaruhi kelancaran proses produksi sekaligus menjadi faktor pendorong bagi karyawan untuk bekerja lebih baik dengan keadaan di sekelilingnya yang mendukung.
4. Ketersediaan air  
Ketersediaan air sangat menunjang kelangsungan pabrik. Ketersediaan air dapat diperoleh melalui sumber air terdekat atau menggunakan utilitas sarana pengelolaan air mandiri.
5. Tenaga Kerja  
Ketersediaan tenaga kerja juga menjadi factor penting menentukan lokasi pabrik, terutama bagi perusahaan manufaktur yang umumnya banyak membutuhkan tenaga kerja dalam proses produksinya.
6. Komunitas masyarakat  
Masyarakat merupakan factor penting dalam penentuan lokasi pabrik mengingat keberadaan pabrik disamping dapat member manfaat tapi bisa menimbulkan kerugian bagi masyarakat di sekitar pabrik. Oleh karena itu penerimaan



masyarakat akan keberadaan pabrik menjadi sangat penting. (Wijana,2013)

### 2.5.3 Seleksi Proses

Terdapat beberapa pilihan proses untuk menghasilkan sebuah produk. Dalam desain proses, proses yang dipilih merupakan proses yang paling rendah biaya dan efektif pelaksanaannya. Beberapa *professional engineer* lebih memilih untuk memodifikasi *plant* yang sudah ada daripada membangun *plant* dari awal. (Moran, 2015)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan proses adalah dari segi proses pembuatan produk yang meliputi bahan baku, konversi reaksi, kuantitas produk dan kualitas produk. Sedangkan dari kondisi operasi dan dari segi ekonomi yaitu mengenai investasi, ROI (*Return Of Investment*) dan juga POT (*Pay Out Time*). Dari kriteria-kriteria dan uraian proses pembuatan tersebut dapat dilihat keuntungan dan kerugian dari masing-masing proses. (Dewi,2013)

### 2.5.4 Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi

Neraca massa suatu sistem proses dalam industri merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan-bahan yang masuk, yang keluar, yang tersimpan, dan yang terbuang dalam sistem itu. Perhitungan neraca massa dan massa energi untuk menyederhanakan proses yang berlangsung, meskipun sebenarnya tidak ada kondisi *steady state*.

Beberapa variable proses yang menentukan neraca massa dan neraca energi antara lain :

1. Massa dan volume.
2. Komposisi kimia.
3. Kecepatan alir.
4. Tekanan proses.

Peralatan proses produksi bersifat dinamis, maka desain reaksi harus memiliki akurasi dan sensitivitas yang tinggi. Sebagai contoh, kondisi jika proses produksi mengalami variasi



temperatur, penurunan kualitas bahan baku, dan lain sebagainya (Moran, 2015)

### 2.5.5 Penentuan Spesifikasi Alat

*Process Engineer* perlu mengetahui desain mekanik, elektrik, *software*, dan sistem bangunan. Namun, tidak semua peralatan harus dibuat sendiri, karena desain proses tidak membuat sesuatu yang dapat dibeli. Hal ini dilakukan untuk mengurangi biaya dan resiko, karena membuat sesuatu lebih mahal biayanya daripada membeli, disamping garansi yang diberikan lebih besar.

*Range* spesifikasi alat harus memenuhi standard dan dokumentasinya dapat dipahami oleh penyedia alat. Beberapa standard yang banyak digunakan yaitu ISO di Eropa, DIN di Jerman, ANSI, ASTM, dan API di US. Aspek lain dalam penentuan spesifikasi alat adalah ketersediaan alternatif bagian-bagiannya (Towler, 2012).

### 2.5.6 Perhitungan Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi adalah salah satu parameter untuk pendirian suatu pabrik. Dengan analisa ekonomi dapat dilihat pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan. Perhitungan analisa ekonomi meliputi harga bahan baku, peralatan untuk proses yang berdasarkan neraca massa dan energy, jumlah dan gaji karyawan, serta pengadaan lahan untuk pabrik. Analisa yang umum dilakukan meliputi perhitungan Laju pengembalian modal (*rate of return*), waktu pengembalian modal (*pay out time*), titik impas (*break event point*), dan *Interest Rate of Return* (IRR).

Untuk menentukan factor-faktor diatas terlebih dahulu diketahui :

#### 1. *Total capital investment* (TCI)

*Total capital investment* diartikan sebagai jumlah modal yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

Total capital investment dibagi atas dua bagian, yaitu :



- a. *Fixed Capital Investment* (FCI)
- b. *Working Capital Investment* (WCI)

## 2. *Total Production Cost* (TPC)

*Total Production Cost* (biaya total produksi) terdiri dari *manufacturing cost* (biaya produksi). *Manufacturing cost* adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik yang berhubungan dengan operasi produksi dan peralatan proses yang terdiri dari :

- a. *Direct Production Cost* (biaya produksi langsung)
- b. *Fixed Charges* (biaya tetap)
- c. *Plant Overhead Cost* (biaya tambahan pabrik)
3. *General Expenses* (Biaya Umum)

Yaitu biaya-biaya umum yang dikeluarkan untuk menunjang operasi pabrik, yang meliputi biaya administrasi, biaya pemasaran dan distribusi, biaya penelitian dan pengembangan (*research and development*) serta pajak pendapatan.

## 4. *Analisa Profitability*

Dalam analisa ini digunakan beberapa asumsi, yaitu umur pabrik 10 tahun dengan kapasitas produksi masing-masing adalah:

- a. Tahun pertama 60%
- b. Tahun kedua 80%
- c. Tahun ketiga sampai ke limabelas 100%
- d. Pajak pendapatan 25% dari laba kotor (Peter, 1991)

## 2.6 Gambaran Umum Perusahaan

### 2.6.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT. Pindad (Persero) Turen adalah Perusahaan Industri Manufaktur di Indonesia yang bergerak dalam bidang peralatan pertahanan dan keamanan. Kegiatan PT. Pindad (Persero) Turen mencakup Desain dan Pengembangan, Rekayasa, Assembling, dan Fabrikasi serta Perawatan.



PT. Pindad (Persero) Berdiri pada tahun 1908 di Surabaya dengan nama ACW (*Artilleri Construcstie Winkel*) kemudian pada tahun 1923 pindah ke Bandung. Setelah kemerdekaan, pada tahun 1950 pemerintah Belanda menyerahkan kepada pemerintah Indonesia dan dikelola TNI-AD dengan nama PSM (Pabrik Senjata dan Mesiu). PT. Pindad (Persero) berubah status menjadi BUMN pada tahun 1983, dan pada tahun 1989 menjadi salah satu BUMNIS dengan nama PT Pindad (Persero) dibawah pembinaan BPIS (Badan Pengelola Industri Strategis). Pada tahun 2001 PT. BPIS (Persero) dibubarkan oleh pemerintah, sejak itu PT. Pindad beralih status menjadi PT. Pindad (persero) dibawah pengelolaan kementerian BUMN sampai sekarang

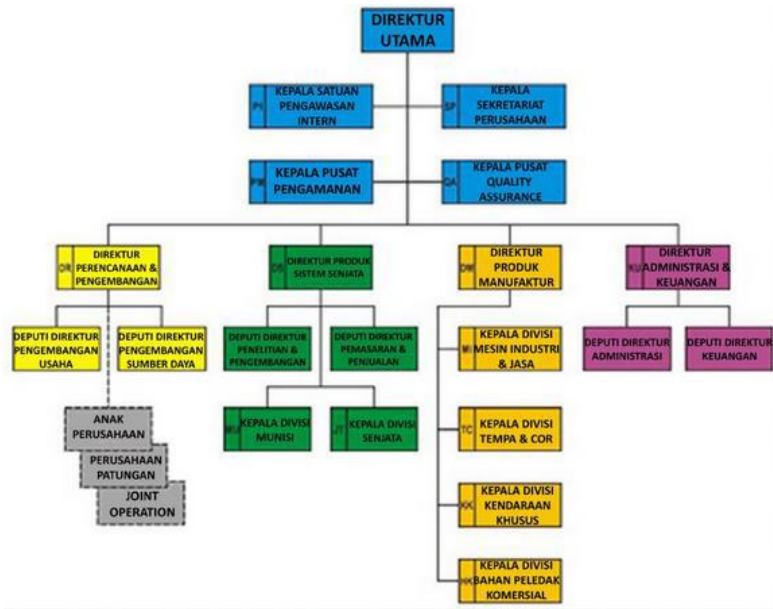
### **2.6.2 Visi dan Misi Perusahaan**

Visi PT. Pindad (Persero) adalah menjadi produsen peralatan pertahanan dan keamanan terkemuka di Asia pada tahun 2023, melalui upaya inovasi produk dan kemitraan strategis.

Sedangkan misi PT. Pindad (Persero) adalah melaksanakan usaha terpadu di bidang peralatan pertahanan dan keamanan serta peralatan industrial untuk mendukung pembangunan nasional dan secara khusus untuk mendukung pertahanan dan keamanan Negara.

### **2.6.3 Struktur Organisasi PT.Pindad (Persero)**

Struktur organisasi merupakan pola otoritas dan tanggung jawab yang terdapat dalam perusahaan. Struktur organisasi formal seringkali digambarkan dalam bagan organisasi yang menunjukkan pola komunikasi di dalam organisasi. Struktur organisasi merupakan kerangka dari perusahaan yang menunjukkan hubungan antara pimpinan dan bawahan serta antara bidang kerja satu dengan yang lain, sehingga dapat memperjelas kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab dalam suatu organisasi. Pada Gambar 2.8 berikut ini merupakan struktur organisasi di PT. Pindad :



**Gambar 2.8** Struktur Organisasi PT. Pindad (Persero)

### 2.6.4 Kegiatan Usaha Perusahaan

Kegiatan usaha PT. Pindad (Persero) Turen mencakup desain pengembangan, rekayasa, *assembling* dan fabrikasi, serta perawatan.

#### 1. Desain Pengembangan

Kegiatan desain di PT. Pindad (Persero) Turen merupakan suatu kegiatan atau proses penerjemahan kebutuhan pemakai yang dituangkan kedalam alternatif rencana ataupun rancangan berupa gambar dua dimensi, bentuk sketsa atau lukisan yang dipresentasikan atau diajukan oleh pihak desain perusahaan.

#### 2. Rekayasa

Rekayasa dalam kegiatan produksi PT. Pindad (Persero) Turen adalah proses merekayasa produk yang dihasilkan sendiri maupun produk yang dihasilkan pihak luar yang



kemudian dipadukan dengan bahan dan teknologi lain untuk mendapatkan produk baru yang mempunyai fungsi dan manfaat berbeda dari produk asalnya, dan memberikan keuntungan kepada perusahaan.

3. *Assembling* dan Fabrikasi

*Assembling* dalam kegiatan produksi PT. Pindad (Persero) Turen adalah kegiatan perakitan produk dan mesin kerja, sedangkan kegiatan fabrikasi adalah kegiatan tata letak mesin. Kegiatan ini dilakukan saat ada perubahan tata letak mesin serta penempatan mesin baru.

4. Perawatan

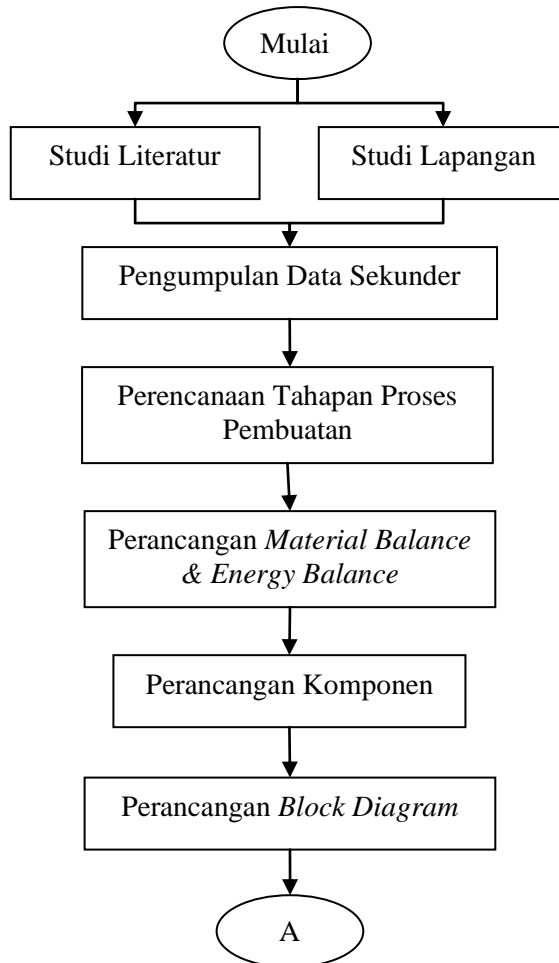
Perawatan di PT. Pindad (Persero) Turen merupakan kegiatan rutin. Kegiatan ini dilakukan untuk memberikan perawatan mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi sehari-hari tanpa mengalami kerusakan karena kurangnya perawatan.

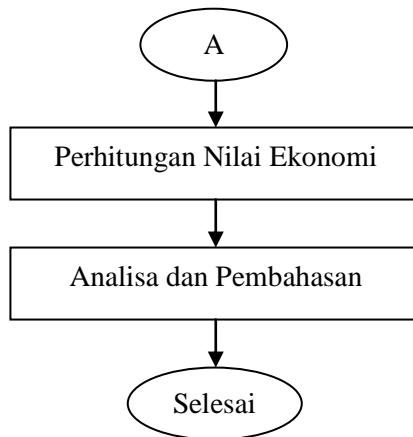




### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian





**Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan**

### 3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Perancangan ini menggunakan data sekunder, yaitu data yang didapatkan dari penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Data yang digunakan merupakan hasil penelitian dari Khoiril (2015), Vicko (2015), dan Paiman (2014). Data tersebut merupakan data respon nilai *frangibility factor*, karakteristik struktur mikro dan sifat mekanik komposit peluru *frangible* terhadap 3 kombinasi parameter variasi temperatur sintering, waktu tahan sintering, tekanan kompaksi, dan komposisi % wt Sn.

Berikut merupakan kombinasi level parameter yang digunakan pada masing-masing penelitian pendahuluan.

a) Firmansyah, Widyastuti (2015)

- Komposisi : Cu-10% wt Sn
- Temperatur Sintering : 200, 300, 400, 500, dan 600 °C
- Tekanan kompaksi : 600 MPa
- Waktu tahan : 30 menit



- b) Anugraha, Widyastuti (2014)
  - Komposisi : Cu-5% wt Sn, Cu-10% wt Sn, Cu-15% wt Sn
  - Temperatur Sintering : 260 °C
  - Tekanan kompaksi : 300, 400, 500 MPa
  - Waktu tahan : 30 menit
- c) Jhoni, Widyastuti (2014)
  - Komposisi : Cu-10% wt Sn
  - Temperatur Sintering : 300, 500, dan 700 °C
  - Tekanan kompaksi : 600 MPa
  - Waktu tahan : 30, 60, dan 90 menit

### 3.3 Proses Perancangan

Perancangan ini memiliki beberapa tahapan yang dilakukan mulai dari pengumpulan data bahan baku sampai analisa ekonomi. Berikut ini merupakan tahapan perancangan yang dilakukan :

#### 3.3.1 Penentuan Kebutuhan Pasar dan Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu kebutuhan alutsista (persenjataan) adalah peluru. Untuk kaliber kecil saja dalam setahun TNI-Polri membutuhkan hingga 120 juta butir. Salah satu jenis peluru yang dibutuhkan adalah peluru *frangible*. Peluru ini akan mencegah terjadinya *ricochet* yaitu pantulan acak proyektil karena terjadinya deformasi pada bagian ujung proyektil akibat menumbuk permukaan yang keras. Proyektil jenis ini telah dikembangkan secara luas di dunia internasional namun belum demikian di Indonesia.

Kebutuhan peluru dalam negeri ini disuplai oleh PT. Pindad yang saat ini baru memproduksi peluru Kaliber 5,56; 7,62; dan 9mm dan selebihnya impor. TNI adalah pangsa pasar PT. Pindad terbesar, yakni 80% dari total penjualan. Untuk kaliber 9mm, PT. Pindad menyuplai 40% kebutuhan Negara atau sebanyak 150.000 peluru perhari.



Bahan baku yang dibutuhkan adalah serbuk Cu dan Sn. Bahan baku ini diperoleh dari PT. Smelting Gresik, PT. Newmont Nusa Tenggara, dan PT. Tambang Timah TBK.

### 3.3.2 Penentuan Lokasi dan Analisa Kondisi Lingkungan

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penentuan lokasi dan analisa kondisi lingkungan yaitu penyediaan bahan baku, pemasaran produk, penyediaan tenaga listrik dan bahan bakar, iklim dan letak geografis, ketersediaan air, tenaga kerja, komunitas masyarakat, dan pembuangan limbah. Dalam penentuan lokasi perusahaan di PT. Pindad (Persero) Turen-Malang, menggunakan dasar-dasar pertimbangan berikut ini :

1. Ketersediaan bahan baku.
2. Penyediaan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar
3. Iklim dan Letak Geografis
4. Ketersediaan Air
5. Tenaga Kerja

### 3.3.3 Seleksi Proses

Metode yang digunakan adalah metalurgi serbuk karena metode ini merupakan metode yang mudah, murah, dan menghasilkan produk yang berkualitas. Pembuatan peluru *frangible* dengan proses metalurgi proses ini terdiri dari beberapa unit proses yaitu :

1. Proses atomisasi

Atomisasi merupakan proses untuk membuat serbuk dari logam cair menggunakan gas yang ditiupkan dengan tekanan tinggi

2. Proses karakterisasi serbuk

Karakterisasi dasar serbuk meliputi ukuran serbuk, distribusi ukuran serbuk, bentuk serbuk, berat jenis serbuk, mampu alir (*flowability*), dan mampu tekan (*compressibility*).

3. Proses pencampuran



Proses pencampuran serbuk dilakukan untuk mendapatkan distribusi serbuk yang merata. Mekanisme dalam proses pengadukan yaitu difusi, konveksi, dan *shear*.

#### 4. Proses Kompaksi

Kompaksi merupakan proses pemberian gaya tekan pada serbuk agar memiliki kepadatan tinggi sehingga mempunyai bentuk tertentu dan mempunyai kekuatan yang cukup untuk mengalami proses selanjutnya.

#### 5. Proses Sintering

Sintering merupakan proses pemanasan produk awal hasil kompaksi pada suatu temperatur yang dilakukan untuk membentuk suatu ikatan antar partikel melalui mekanisme difusi atom sehingga kekuatan produk awal meningkat.

### 3.3.4 Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi

Perhitungan neraca massa dan neraca energi merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan-bahan yang masuk, yang keluar, yang tersimpan, dan yang terbuang dalam sistem pada setiap tahapan proses berdasarkan hukum kekekalan massa.

Beberapa variable proses yang menentukan neraca massa dan neraca energi antara lain :

1. Massa dan volume.
  2. Komposisi kimia.
  3. Kecepatan alir.
- Tekanan proses

### 3.3.5 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat didefinisikan sebagai kapasitas dan kualitas alat untuk mendapatkan produk yang diinginkan. Penentuan spesifikasi alat berdasarkan perhitungan neraca massa dan neraca energi yang disesuaikan dengan ketersediaan alat di pasaran dengan peralatan yang efisien dan efektif. Berdasarkan uraian proses yang digunakan yaitu metalurgi serbuk, maka alat-alat yang digunakan mempertimbangkan beberapa faktor, antara lain :

1. Sifat bahan baku



2. Kapasitas produksi yang diinginkan
3. Kondisi lingkungan
4. Harga peralatan

### 3.3.6 Pembuatan *Block Diagram*

Pembuatan *Block Diagram* untuk menunjukkan semua hubungan fungsi pabrik sebagai suatu proyek yang sedang berlangsung. Pembuatan *Block Diagram* menggunakan simbol standard agar dapat menjelaskan langkah-langkah proses dengan interpretasi yang tepat.

Terdapat beberapa macam *Block Diagram* yang digunakan dalam desain proses. Untuk perancangan ini menggunakan tipe kombinasi *flowsheet process* dan perpipaan. Dalam *block diagram* ini menunjukkan kombinasi suatu aliran proses yang berlangsung dengan tipe mekanik peralatan dan titik temperatur.

### 3.3.7 Perhitungan Analisa Ekonomi

Dalam analisis ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan yang dijelaskan dalam neraca massa, harga peralatan, yang nilainya didasarkan pada spesifikasi peralatan yang dibahas pada Bab IV. Analisis ekonomi ini memuat analisis biaya yang dibutuhkan untuk pengoprasian pabrik dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk mendirikan pabrik. Analisa yang dilakukan meliputi perhitungan :

1. Laju pengembalian modal (*rate of return*)
2. waktu pengembalian modal (*pay out time*)
3. titik impas (*break event point*)

Hasil desain pabrik dengan analisa ekonomi akan menentukan desain tersebut *feasible* atau tidak. Suatu desain pabrik diharapkan akan menghasilkan desain yang *feasible* artinya suatu desain yang menguntungkan.



## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Lokasi Perusahaan**

Salah satu hal terpenting dalam perencanaan suatu pabrik adalah penentuan lokasi pabrik. Jika suatu pabrik tidak diletakkan pada lokasi yang tepat secara ekonomis, maka pabrik tidak dapat beroperasi secara optimal.

Peta Lokasi PT. Pindad ditunjukkan pada Gambar 4.1. Dalam penentuan lokasi perusahaan di PT. Pindad (Persero) Turen-Malang, menggunakan dasar-dasar pertimbangan berikut ini :

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan didapatkan dari PT. Newmont Nusa Tenggara dengan kapasitas produksi 300 ton metric/tahun dan PT. Tambang Timah Tbk dengan kapasitas produksi 60 metric ton/tahun seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5

2. Penyediaan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Penempatan lokasi pabrik yang terletak dekat pembangkit tenaga listrik dan PLN dengan golongan I – 3 TM akan menunjang proses produksi dalam menjalankan mesin-mesin dan fasilitas lain yang dimiliki pabrik. Pada Tabel 4.1 berikut ini merupakan golongan tarif sesuai Tarif Dasar Listrik PT.PLN (Persero)

**Tabel 4.1 Jenis Golongan Tarif Dasar Listrik**

No	Golongan Tarif	Batas Daya	Uraian
1.	S – 1 TR	220 VA	Pemakaian sangat kecil – TR
2.	S – 2 TR	450 VA s/d 220 VA	Badan social kecil s/d sedang – TR
3.	S – 2 TR	>2200VA s/d 200 kVA	Badan social besar – TR



4.	S – 3 TM	>200 kVA	Badan social besar – TM
5.	R – 1 TR	450 VA s/d 2200 VA	Rumah tangga kecil – TR
6.	R – 2 TR	2200 VA s/d 6600 VA	Rumah tangga menengah – TR
7.	R – 3 TR	>6600 VA	Rumah tangga besar – TR
8.	B – 1 TR	450 VA s/d 2200 VA	Bisnis kecil – TR
9.	B – 2 TR	>2200 VA s/d 200 kVA	Bisnis menengah – TR
10.	B – 3 TM	>200 kVA	Bisnis besar – TM
11.	I – 1 TR	450 VA s/d 2200 VA	Industri kecil – TR
12.	I – 1 TR	>2200 VA s/d 14 kVA	Industri kecil – TR
13.	I – 2 TM	>14 kVA s/d 200 kVA	Industri sedang – TR
14.	I – 3 TM	>200 kVA	Industri menengah – TM
15.	I – 4 TT	>30.000 kVA	Industri besar – TT
16.	P – 1 TR	450 VA	Gedung kantor pemerintahan kecil – TR
17.	P – 1 TR	>450 VA s/d 2200 VA	Gedung kantor pemerintahan sedang – TR
18.	P – 1 TR	>2200 VA s/d 200 kVA	Gedung kantor pemerintahan sedang- TR
19.	P – 2 TR	>200 kVA	Gedung kantor pemerintahan besar – TR
20.	P – 3 TR	>450 VA s/d 2200 VA	Penerangan jalan umum
21.	P – 3 TR	>2200 VA s/d 200 kVA	Penerangan jalan





			umum
22.	P – 3 TR	>200 kVA	Penerangan jalan umum
23.	C – TM	>200 kVA	Pembelian curah (Bulk)
24.	T - TM	>200 kVA	Tarif transportasi

Proses produksi proyektil *frangible* direncanakan sebagai industri menengah dengan kapasitas produksi 1.168 ton/hari maka pabrik ini menggunakan golongan tarif I -3 TM dengan batas daya >200 kVA.

3. Iklim dan Letak Geografis

Ditinjau dari keadaan tanah, tanah di daerah Turen termasuk daerah dataran tinggi, sehingga terhindar dari kemungkinan adanya banjir. Jenis tanah daerah Turen adalah jenis tanah podsolik. Tanah ini memiliki karakteristik kesuburan sedang, memiliki tekstur yang lempung atau berpasir, serta memiliki pH rendah. Sedangkan iklim daerah Turen tergolong iklim basah dengan curah hujan rata-rata 1.419 mm pertahun.

4. Ketersediaan Air

Ketersediaan air sangat menunjang akan kelangsungan pabrik. Ketersediaan air PT. Pindad dapat diambil dari Sungai Brantas.

5. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja merupakan faktor yang penting untuk kelancaran proses industri. Daerah ini mempunyai cadangan tenaga kerja yang cukup banyak disebabkan daerah ini adalah zona industri, disamping jumlah pendatang (pencari kerja) yang cukup banyak, juga terdapat tenaga lokal yang memadai. Faktor pendukung lainnya yaitu angka Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur cukup tinggi yang ditunjukkan pada Lampiran C Gambar C.1.



**Gambar 4.1** Peta Lokasi PT. Pindad (Persero) Turen-Malang



## 4.2 Perhitungan Neraca Massa

Perhitungan neraca massa menggunakan neraca massa komponen dan neraca massa total. Untuk neraca massa total, berdasarkan hukum kekekalan massa berlaku jika generasi dan konsumsi sama dengan nol. Analogi sistem yang digunakan untuk menentukan neraca massa ditunjukkan pada Gambar 4.2. Maka,

$$\text{Akumulasi massa dalam sistem} = \text{massa total masuk sistem} - \text{massa total keluar sistem}$$

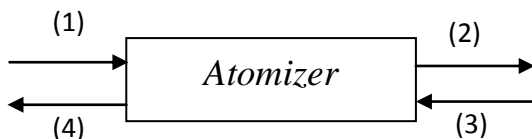
Sistematika perhitungan neraca tiap sistem adalah :



**Gambar 4.2** Analogi Sistem yang Digunakan

Berikut ini adalah perhitungan neraca massa untuk masing-masing alat utama :

### 1. *Atomizer* (Cu)



**Gambar 4.3** Aliran Massa pada *Atomizer*(Cu)

Arus 1 : Aliran ore Cu masuk

Arus 2 : Aliran serbuk Cu keluar

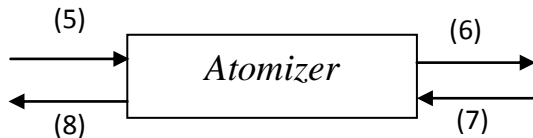
Arus 3 : Aliran gas Nitrogen masuk

Arus 4 : Aliran gas Nitrogen keluar

**Tabel 4.2 Neraca Massa Atomizer (Cu)**

No	Komponen	Masuk (g)	Generasi (g)	Konsumsi (g)	Keluar (g)
1	Serbuk Cu	43812.5	0	0	43812.5
Total		43812.5	0	0	43812.5
		43812.5		43812.5	

## 2. Atomizer (Sn)

**Gambar 4.4 Aliran Massa pada Atomizer(Sn)**

Arus 5 : Aliran ore Sn masuk

Arus 6 : Aliran serbuk Sn keluar

Arus 7 : Aliran gas Nitrogen masuk

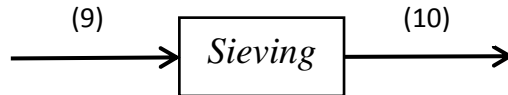
Arus 8 : Aliran gas Nitrogen keluar

**Tabel 4.3 Neraca Massa Atomizer (Sn)**

No	Komponen	Masuk (g)	Generasi (g)	Konsumsi (g)	Keluar (g)
1	Serbuk Sn	4875	0	0	4875
Total		4875	0	0	4875
		4875		4875	



### 3. *Sieving (Cu)*



**Gambar 4.5** Aliran Massa pada *Sieving(Cu)*

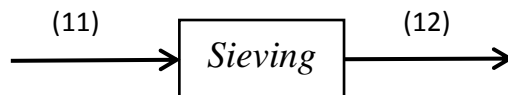
Arus 9 : Aliran serbuk Cu masuk

Arus 10 : Alran produk keluar

**Tabel 4.4** Neraca Massa *Sieving (Cu)*

No	Komponen	Masuk (g)	Generasi (g)	Konsumsi (g)	Keluar (g)
1	Serbuk Cu	43812.5	0	0	43812.5
Total		43812.5	0	0	43812.5
		43812.5		43812.5	

### 4. *Sieving (Sn)*



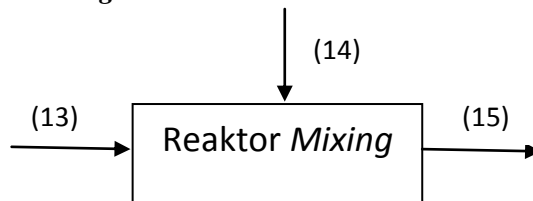
**Gambar 4.6** Aliran Massa pada *Sieving(Sn)*

Arus 11 : Aliran serbuk Sn masuk

Arus 12 : Alran produk keluar

**Tabel 4.5 Neraca Massa Sieving (Sn)**

No	Komponen	Masuk (g)	Generasi (g)	Konsumsi (g)	Keluar (g)
1	Serbuk Sn	4875	0	0	4875
Total		4875	0	0	4875
		4875		4875	

**5. Reaktor Mixing****Gambar 4.7** Aliran Massa pada Reaktor *Mixing*

Arus 13 : Aliran serbuk Cu masuk

Arus 14 : Aliran serbuk Sn masuk

Arus 15 : Aliran produk keluar

**Tabel 4.6 Neraca Massa Reaktor *Mixing***

No	Komponen	Masuk (g)	Generasi (g)	Konsumsi (g)	Keluar (g)
1	Serbuk Cu	43812.5	0	0	43812.5
2	Serbuk Sn	4875	0	0	4875
Total		48687.5	0	0	48687.5
		48687.5		48687.5	



## 6. Kompaksi



**Gambar 4.8** Aliran Massa pada Kompaksi

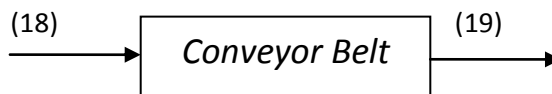
Arus 16 : Aliran serbuk Cu dan Sn masuk

Arus 17 : Aliran produk keluar

**Tabel 4.7** Neraca Massa Kompaksi

No	Komponen	Masuk	Generasi	Konsumsi	Keluar
1	Serbuk Cu	43812.5	0	0	43812.5
2	Serbuk Sn	4875	0	0	4875
Total		48687.5	0	0	48687.5
		48687.5		48687.5	

## 7. Conveyor Belt



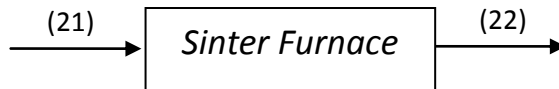
**Gambar 4.9** Aliran Massa pada Conveyor Belt

Arus 18 : Aliran bullet masuk

Arus 19 : Aliran produk keluar

**Tabel 4.8 Neraca Massa Conveyor Belt**

No	Komponen	Masuk	Generasi	Konsumsi	Keluar
1	Serbuk Cu	43812.5	0	0	43812.5
2	Serbuk Sn	4875	0	0	4875
Total		48687.5	0	0	48687.5

**8. Sinter Furnace****Gambar 4.10** Aliran Massa pada Sinter Furnace

Arus 21 : Aliran bullet masuk

Arus 22 : Aliran produk keluar

**Tabel 4.9 Neraca Massa Sinter Furnace**

No	Komponen	Masuk	Generasi	Konsumsi	Keluar
1	Serbuk Cu	43812.5	0	0	43812.5
2	Serbuk Sn	4875	0	0	4875
Total		48687.5	0	0	48687.5
		48687.5		48687.5	

Berdasarkan perhitungan neraca massa desain proses produksi peluru *frangible*, maka :

1. Kapasitas produksi peluru *frangible* : 6250 butir/jam
2. Kebutuhan bahan baku :
  - 43,8125 kg Cu
  - 4,875 kg Sn
3. Basis perhitungan : 1 jam operasi





### 4.3 Spesifikasi Alat

#### 1. Atomizer

Spesifikasi *Atomizer*

Fungsi	Membuat Serbuk dari molten Copper dan molten Tin
Kapasitas	1250 L
Temperatur Operasi	25 °C
Tekanan Operasi	1 atm
Tipe	Wet Dynamic Scrubber
Power	50 Hz
Gas Flow	2000 L/min
Bahan Konstruksi	Carbon steel
Jumlah Alat	2 Unit

#### 2. Sieving (Cu)

Spesifikasi *Sieving (Cu)*

Fungsi	Membuat ukuran serbuk Cu homogen
Kapasitas	500 L
Temperatur Operasi	25 °C
Tekanan Operasi	1 atm
Tipe	Centrifugal filter
Power	0.25-3.7 kW
Ukuran Partikel Produk	87-288 $\mu\text{m}$
Bahan Konstruksi	Stainless steel SUS304
Jumlah Alat	1 Unit

#### 3. Sieving (Sn)

Spesifikasi *Sieving (Sn)*

Fungsi	Membuat ukuran serbuk Sn homogen
Kapasitas	50 L
Temperatur Operasi	25 °C
Tekanan Operasi	1 atm
Tipe	Centrifugal filter



Power	0.25-3.7 kW
Ukuran Partikel Produk	35 $\mu\text{m}$
Bahan Konstruksi	Stainless steel SUS304
Jumlah Alat	1 Unit

#### 4. Reaktor *Mixing*

##### Spesifikasi Reaktor *Mixing*

Fungsi	Mencampur serbuk Cu dan Sn
Kapasitas	2000 L
Temperatur Operasi	25 °C
Tekanan Operasi	1 atm
Tipe	Agitator vessel
Power	0.75-45 kW
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SUS304
Jenis Pengaduk	Flat two-blade
Jumlah Blade	2
Kecepatan pengaduk	50 rpm
Jumlah Alat	1 Unit

#### 5. *Powder Compaction Press*

##### Spesifikasi *Powder Compaction Press*

Fungsi	Meningkatkan dimensi paduan Cu-Sn
Kapasitas	70 butir
Temperatur Operasi	25 °C
Tekanan Operasi	1 atm
Tipe	Hydraulic pump
Power	380 VAC/50 Hz
Bahan Konstruksi	Nickel base Alloy C-276 (pump), Nickel base alloys Hastelloys C-22 (casing)
Ukuran Casing	9 mm
Rate	280 butir/jam
Jumlah Alat	1 Unit



## 6. Conveyor Belt

### Spesifikasi Conveyor Belt

Fungsi	Mengangkut produk dari <i>Powder Compaction Press</i> menuju <i>Sinterite Electric Furnace</i>
Kapasitas	70 butir
Temperatur Operasi	25 °C
Tekanan Operasi	1 atm
Tipe	Flat Belt Conveyor
Power	0.37285 kW
Bahan Konstruksi	Carbon Steel
Kecepatan	3.7643 m/min
Lebar conveyor	0.91 m
Tinggi conveyor	1.75 m
Panjang conveyor	7.62 m
Jumlah Alat	1 Unit

## 7. Sinterite Electric Furnace

### Spesifikasi Sinterite Electric Furnace

Fungsi	Merekatkan paduan Cu-Sn
Kapasitas	70 butir
Temperatur Operasi	Pre Heat : 980 °C (max) High Heat : 1150 °C (max)
Tekanan Operasi	1 atm
Tipe	Flat rotary furnace
Panjang	13.5 m
Power	380 VAC, 90 kW, 50 Hz
Rate	140 butir/jam
Bahan Konstruksi	Nickel base Alloys
Jumlah Alat	1 Unit



#### 4.4 Analisa Ekonomi

Analisis ekonomi dimaksudkan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Untuk itu dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi. Faktor-faktor yang perlu ditinjau antara lain:

1. Laju pengembalian modal (*Rate of return*)
2. Lama pengembalian modal (*Payout Period*)
3. Titik impas (*Break Event Point*)

Untuk meninjau factor-faktor di atas perlu dilakukan penaksiran terhadap beberapa faktor yaitu :

1. Penaksiran modal industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri atas :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Working capital investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*) yang terdiri atas :
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Total pendapatan

##### 4.4.1 Kapasitas Produksi Pabrik

Kapasitas produksi pabrik sebagai basis perhitungan analisa ekonomi ditunjukkan pada Tabel 4.10 berikut ini.

**Tabel 4.10** Kapasitas produksi pabrik

Kapasitas produksi	1.168 ton/hari (48,687.5 kg/jam)
Lama operasi	24 jam 330 hari
Basis perhitungan	1 hari
Nilai tukar rupiah (1 US\$)	Rp13,100.00 (16 Juni 2016)
Bahan Baku Cu	346.995 ton/tahun
Bahan Baku Sn	38.61 ton/tahun
Total Bahan Baku	385.605 ton/tahun
Berat 1 butir proyektil	7.79 gram
Proyektil yang dihasilkan	49,500,000 butir/tahun



Market price	Rp2,465.00
Harga Jual	Rp2,500.00
Estimasi umur pabrik	10 tahun

#### 4.4.2 Harga Bahan Baku

Pada Tabel 4.11 berikut ini ditunjukkan harga bahan baku pada proses produksi proyektil *frangible*.

**Tabel 4.11** Harga bahan baku

Bahan	Kuantiti (ton)	Harga/ton (Rp)	Total (Rp)
Serbuk Cu	346.995	1,296,900.00	450,017,815.50
Serbuk Sn	38.61	503,695,000.00	19,447,663,950.00
Zinc Sterate	0.00192	20,305,000.00	38,985.6
<b>Total</b>			19,897,720,751.10

#### 4.4.3 Harga Peralatan

Harga peralatan cenderung naik tiap tahun, maka untuk menentukan harga sekarang, ditaksir dari harga-harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Perhitungan harga alat dapat dilihat pada Tabel B.2 dan B.3 pada lampiran B

#### 4.4.4 Penentuan *Total Capital Investment* (TCI)

##### A. Modal Tetap (FCI)

- Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Pada Tabel 4.12 berikut ini akan ditunjukkan perhitungan biaya langsung dari proses produksi proyektil *frangible*.

**Tabel 4.12** Perhitungan biaya langsung

No	Komponen	Presentase	Total (Rp)
1.	Harga peralatan	E	10,527,210,401.11



2.	Instalasi	39% E	4,105,612,056.43
3.	Instrumentasi dan kontrol	13% E	1,368,537,352.14
4.	Perpipaan (terspasang)	31% E	3,263,435,224.35
5.	Listrik (terpasang)	10% E	1,052,721,040.11
6.	Freight on Board	10% E	1,052,721,040.11
7.	Biaya asuransi	1% E	105,272,104.01
<b>Cost of Insurance &amp; Freight (CIF)</b>			21,475,509,218.27
9.	Biaya angkutan ke lokasi pabrik	10% CIF	2,147,550,921.83
10.	Bangunan dan perlengkapan	29%E	3,052,891,016.32
11.	Service fasilitas dan yard improvement	55%E	5,789,965,720.61
12.	Tanah	3% E	315,816,312.03
<b>Total Biaya Langsung (DC)</b>			32,781,733,189.07

- Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Pada Tabel 4.13 berikut ini akan ditunjukkan perhitungan biaya tak langsung dari proses produksi proyektil *frangible*.

**Tabel 4.13** Perhitungan biaya tak langsung

No	Komponen	Presentase	Total (Rp)
1.	Teknik dan supervisi	30% E	3,158,163,120.33
2.	Biaya konstruksi	34% E	3,579,251,536.38
3.	Biaya tak terduga	10% E	1,052,721,040.11
4.	Biaya legal	4% E	421,088,416.04
5.	Biaya kontraktor	8% E	842,176,832.09
<b>Total Biaya Tak Langsung (IC)</b>			9,053,400,944.96

- Modal Tetap (FCI) = DC + IC

$$\text{FCI} = \text{Rp}32,781,733,189.07 + \text{Rp } 9,053,400,944.96$$

$$\text{FCI} = \text{Rp}41,835,134,134.03$$



## B. Modal Kerja (WCI)

Untuk proses ini diambil WCI 15% dari TCI

$$TCI = WCI + FCI$$

$$FCI = \text{Rp}41,835,134,134.03$$

$$WCI = \text{Rp}35,559,864,013.93$$

$$TCI = \text{Rp}77,394,998,147.96$$

- Modal Investasi dibagi :

$$1. \text{ Modal sendiri, } 40\% \text{ TCI} = \text{Rp}30,957,999,259.18$$

$$2. \text{ Modal pinjaman bank, } 60\% \text{ TCI} = \text{Rp}46,436,998,888.78$$

## 4.4.5 Penentuan Biaya Produksi Total (TPC)

### A. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost, MC*)

- Biaya Produksi Langsung (DPC) 1 tahun

Pada Tabel 4.14 berikut ini akan ditunjukkan perhitungan biaya produksi langsung dari proses produksi proyektil *frangible*.

**Tabel 4.14** Perhitungan biaya produksi langsung

No.	Komponen	Presentase	Total (RP)
1.	Bahan baku		19,987,720,751.10
2.	Tenaga kerja		14,760,000,000.00
3.	Biaya supervisi	18% OL	1,476,000,000.00
4.	Utilitas		3,267,065,296.90
5.	<i>Maintenance</i> dan perbaikan	5% FCI	2,091,756,706.70
6.	<i>Operating supplies</i>	0.7% FCI	292,845,938.94
7.	Laboratorium	30% OL	4,428,000,000.00
8.	Produk dan royalty	5% TPC	3,697,419,409.64
<b>Total Biaya Produksi Langsung (DPC)</b>			<b>51,091,608,103.28</b>

- Biaya Tetap (FC)

Pada Tabel 4.15 berikut ini akan ditunjukkan perhitungan biaya tetap dari proses produksi proyektil *frangible*.

**Tabel 4.15** Perhitungan biaya tetap

No.	Komponen	Presentase	Total (RP)
1.	Depresiasi (peralatan,bangunan)	10% FCI	4,183,513,413.40
2.	Pajak	4% FCI	1,673,405,365.36
3.	Asuransi	1% FCI	334,681,071.07
<b>Total Biaya Tetap (FC)</b>			<b>6,191,599,851.84</b>

- Plant Overhead Cost (POC)  

$$POC = 10\% \text{ TPC}$$
- Biaya Pembuatan (MC)  

$$MC = DPC + FC + POC$$

$$MC = \text{Rp}51,091,608,103.28 + \text{Rp}6,191,599,851.84 + 0,1 \text{ TPC}$$

$$MC = \text{Rp}57,283,207,955.12 + 0,1 \text{ TPC}$$

### B. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expences, GE*)

Pada Tabel 4.16 berikut ini akan ditunjukkan perhitungan biaya pengeluaran umum dari proses produksi proyektil *frangible*.

**Tabel 4.16** Perhitungan biaya pengeluaran umum

No.	Komponen	Presentase	Total (RP)
1.	Biaya administrasi	7% TPC	0.07 TPC
2.	Biaya distribusi dan penjualan	11% TPC	0.11 TPC
3.	Biaya R & D	5% TPC	0.05 TPC
<b>Total Pengeluaran Umum (GE)</b>			<b>0.23 TPC</b>

- Biaya Produksi Total (TPC)  

$$TPC = MC + GE$$

$$TPC = \text{Rp}57,283,207,955.12 + 0.1 \text{ TPC} + 0.23 \text{ TPC}$$

$$TPC = \text{Rp}73,948,388,192.75$$





- Jadi dapat disimpulkan :  
Biaya pembuatan (MC) = Rp64,678,046,774.40  
Biaya produksi total (TPC) = Rp73,948,388,192.75

#### 4.4.6 Asumsi Perhitungan Ekonomi yang Digunakan

Metode yang digunakan dalam perhitungan adalah discounted cash flow, yaitu cash flow yang nilainya diproyeksikan pada masa sekarang. Berikut ini merupakan asumsi yang digunakan :

1. Modal
  - Modal sendiri : 40%
  - Pinjaman bank : 60%
2. Bunga bank : 11% per tahun (Bank Indonesia)
3. Laju inflasi : 6.40% per tahun (Bank Indonesia)
4. Masa konstruksi : 2 tahun
  - Pada awal masa konstruksi (awal tahun ke-2 menggunakan 50% modal sendiri dan 30% modal pinjaman
  - Pada tahun kedua menggunakan sisa modal sendiri dan modal pinjaman
5. Pembayaran kepada kontraktor dengan modal pinjaman selama masa konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut :
  - Pada awal masa konstruksi (awal tahun ke-2) dilakukan pembayaran sebesar 30% dari modal pinjaman untuk keperluan pembelian tanah dan uang muka
  - Pada akhir tahun kedua masa konstruksi (tahun ke-1) dibayarkan sisa modal pinjaman
6. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun sebesar 10% tiap tahun.
7. Umur pabrik diperkirakan sebesar 10 tahun dengan depresiasi 10% per tahun
8. Kapasitas produksi :
  - Tahun ke-1 : 80%
  - Tahun ke-2 : 100%



9. Pajak pendapatan (Pasal 17 Ayat 2 UU PPh No.17 Tahun 2012)

- Kurang dari Rp5,000,000.00 = 5%
- Antara Rp5,000,000.00-Rp250,000,000.00 = 15%
- Antara Rp250.000,000.00-Rp500,000,000.00 = 25%
- Lebih dari Rp500,000,000.00 = 30%

### A. Perhitungan Biaya Total Produksi

Biaya produksi tidak termasuk depresiasi, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{TPC} - \text{Depresiasi} &= \text{Rp}73,948,388,192.75 - \text{Rp}4,183,513,413.40 \\ &= \text{Rp}69,764,874,779.35 \end{aligned}$$

Pada Tabel 4.17 berikut ini akan ditunjukkan biaya total produksi proyektil *frangible*.

**Tabel 4.17** Perhitungan biaya total produksi proyektil *frangible*

No.	Kapasitas	Biaya Produksi (Rp)
1.	80%	55,811,899,823.48
2.	100%	69,764,874,779.35

### B. Investasi

Investasi total pabrik tergantung pada masa konstruksi. Investasi yang berasal dari modal sendiri akan habis pada tahun pertama konstruksi. Nilai modal sendiri tidak akan terpengaruh oleh inflasi dan bunga bank. Sehingga modal sendiri pada akhir masa konstruksi adalah tetap. Untuk modal pinjaman dari bank pada akhir masa konstruksi dijelaskan pada Tabel 4.18 berikut ini.

**Tabel 4.18** Modal pinjaman selama masa konstruksi

Modal Pinjaman			
Tahun	Jumlah (Rp)	Bunga (11%)	Total (Rp)
Ke-2 (30%)	13,931,099,666.63	0	19,348,749,536.99
Ke-1	32,505,899,222.17	1,532,420,963.33	34,038,320,185.50



(70%)			
Ke-0		3,744,215,220.41	3,744,215,220.41
Modal Pinjaman Akhir Masa Konstruksi			57,131,284,942.90

Sedangkan untuk modal sendiri pada akhir masa konstruksi dijelaskan pada Tabel 4.19 berikut ini

**Tabel 4.19** Modal sendiri selama masa konstruksi

Modal Pinjaman			
Tahun	Jumlah (Rp)	Inflasi (6.4%)	Total (Rp)
Ke-2 (50%)	15,478,999,629.59	0	15,478,999,629.59
Ke-1 (50%)	15,478,999,629.59	990,655,976.30	16,469,655,605.89
Ke-0		1,054,057,958.78	1,054,057,958.78
Modal Sendiri Akhir Masa Konstruksi			33,002,713,194.26

- Total investasi pada akhir masa konstruksi :  
Modal sendiri + Modal pinjaman = Rp90,133,998,137.16

### C. Perhitungan Hasil Penjualan Produk

Berdasarkan kapasitas produksi pada Tabel 4.9 maka dapat ditentukan hasil penjualan produk yang ditunjukkan pada Tabel 4.20 berikut ini :

**Tabel 4.20** Hasil Penjualan Produk

Jumlah produksi	49,500,000.00/tahun
Harga jual	Rp2,500.00/butir
Total penjualan	Rp123,750,000,000.00/tahun
<i>Total Production Cost</i> (TPC)	Rp69,764,874,779.35/tahun
Keuntungan	Rp53,985,125,220.65/tahun



#### D. Perhitungan *Internal Rate of Return* (IRR)

*Internal rate of return* berdasarkan *discounted cash flow* adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal.

Cara yang dilakukan adalah *trial* “T”, yaitu laju bunga sehingga memenuhi persamaan berikut ini :

$$\Sigma = CF / (1 + i)^n = \text{total modal akhir masa konstruksi}$$

Dimana :

n = tahun

CF = *cash flow* pada tahun ke-n

$(1 + i)^n$  = discount factor

Pada Tabel 4.21 berikut ini akan ditunjukkan perhitungan *trial* laju bunga (i) :

**Tabel 4.21** *Trial* Laju Bunga (i)

Tahun ke-n	Cash Flow (Rp)	Discounted Factor	I = 16.99%
	-15,678,872,291.32	1.00	-15,678,872,291.32
	22,333,410,720.10	0.85	19,089,255,661.97
	30,289,523,241.90	0.73	22,128,925,204.03
	30,687,718,232.81	0.62	19,163,128,987.93
	31,085,913,223.73	0.53	16,592,025,134.24
	31,484,108,214.64	0.46	14,363,527,317.16
	31,882,303,205.55	0.39	12,432,353,135.04
	32,280,498,196.47	0.33	10,759,146,480.46
	32,678,693,187.38	0.28	9,309,711,313.28
	33,076,888,178.29	0.24	8,054,342,990.38
	33,475,083,169.21	0.21	6,967,244,977.58
<b>Total</b>			<b>123,180,788,910.76</b>

Dari perhitungan diperoleh nilai I sebesar 16.99% per tahun. Harga I yang diperoleh lebih besar daripada harga I untuk



pinjaman modal pada bank. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan dengan kondisi tingkat suku bunga bank sebesar 11%.

### E. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time, POT*)

Untuk menghitung waktu pengembalian modal, maka dihitung akumulasi modal yang dijelaskan pada Tabel 4.22 berikut :

**Tabel 4.22** *Cummulative Cash Flow*

Tahun ke-n	<i>Cummulative Cash Flow (Rp)</i>
0	-15,678,872,291.32
1	6,654,538,428.78
2	36,944,061,670.68
3	67,631,779,903.49
4	98,717,693,127.22
5	130,201,801,341.86
6	162,084,104,547.42
7	194,364,602,743.89
8	227,043,295,931.27
9	260,120,184,109.56
10	293,595,267,278.77

Berdasarkan Tabel 4.22 diatas, untuk investasi sejumlah Rp77,394,998,147.96 dengan cara interpolasi linier antara tahun ke 6 dan 7, maka diperoleh waktu pengembalian modal selama 3.38 tahun.

### F. Analisis Titik Impas (*Break Event Point, BEP*)

Analisis titik impas digunakan untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Pada Tabel 4.23 berikut ini ditunjukkan biaya *Fixed*



*Cost, Variabel Cost, Semi Variabel Cost, dan Total Penjualan untuk menghitung Break Event Point.*

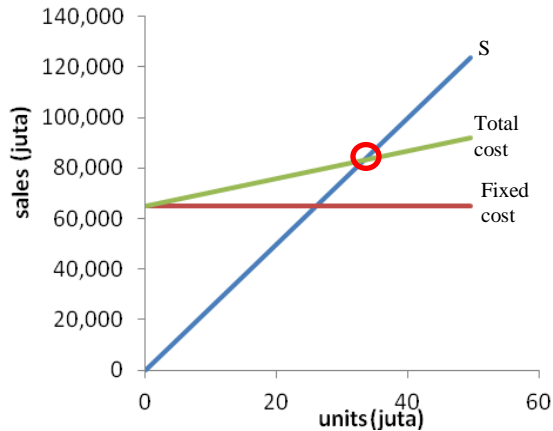
**Tabel 4.23** Biaya FC, VC, SVC, dan S

No	Keterangan	Jumlah (Rp)
1.	Biaya Tetap (FC)	6,191,599,851.84
2.	Biaya Variabel (VC)	
	Bahan baku	19,897,720,751.10
	Utilitas	3,267,065,296.90
	Royalty	3,506,477,717.00
	Total VC	26,671,263,765.00
3.	Biaya Semivariabel (SVC)	
	Gaji karyawan	14,760,000,000.00
	Pengawasan	2,656,800,000.00
	Pemeliharaan dan perbaikan	2,091,756,706.70
	<i>Operating Supplies</i>	292,845,938.94
	Laboratorium	4,428,000,000.00
	Pengeluaran umum	6,812,602,645.64
	<i>Plant Overhead Cost</i>	7,394,838,819.28
	Total SVC	38,436,844,110.55
4.	Total Penjualan	123,750,000,000.00

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC-VC}} \times 100\%$$

$$= 25 \%$$

Nilai BEP sebesar 25% menunjukkan batas maksimal turunnya penjualan yang dapat ditolerir untuk dapat mencegah terjadinya kerugian. Pada Gambar 4.11 berikut ini ditunjukkan pendekatan nilai BEP dengan sumbu X sebagai volume kegiatan dan sumbu Y sebagai nilai rupiah dari penghasilan dan biaya.



**Gambar 4.11** Kurva BEP

Pada grafik tersebut didapatkan titik impas pada total penjualan sebesar Rp82,995,665,738.09 (sumbu Y) atau 33,000,000.00 unit (sumbu X). Pada titik tersebut total penjualan sama dengan biaya keseluruhan sehingga laba sama dengan nol.



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## LAMPIRAN

### Lampiran A

**Tabel A.1** Produksi Barang Tambang Mineral dalam Metric Ton. (Kemenperin.go.id)

Barang Tambang Mineral							Jumlah	Rata-Rata
	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
Batu Bara	188663068	178930188	228806887	325325793	415765068	466307241	1803798245	300633040.8
Bauksit	1251147	1152322	935211	2200000	24714940	-	30253620	6050724
Nikel	7112870	6571764	5819565	9475362	12482829	36235795	77698185	12949697.5
Emas	117854	64390	140488	119726	68220	69291	579969	96661.5
Perak	268967	226051	359451	335040	227173	-	1416682	283336.4
Granit	1793440	2050000	-	2172080	3316813	-	9332333	2333083.25
Pasir Besi	84371	4455259	4561059	8975507	11814544	11545752	41436492	6906082
Konsentrat Tin	64127	79210	56602	97796	89600	44202	431537	71922.83333
Konsentrat Tembaga	796899	655046	973347	993152	1472238	2385121	7275803	1212633.833

**Tabel A.2** Produksi Perusahaan Tambang Cu untuk Pemenuhan Bahan Baku Serbuk Cu

Nama Perusahaan	ton/tahun	gram/tahun
PT Freeport Indonesia	800	800,000,000
PT Newmont Nusa Tenggara	300	300,000,000
PT Smelting Gresik	270	270,000,000

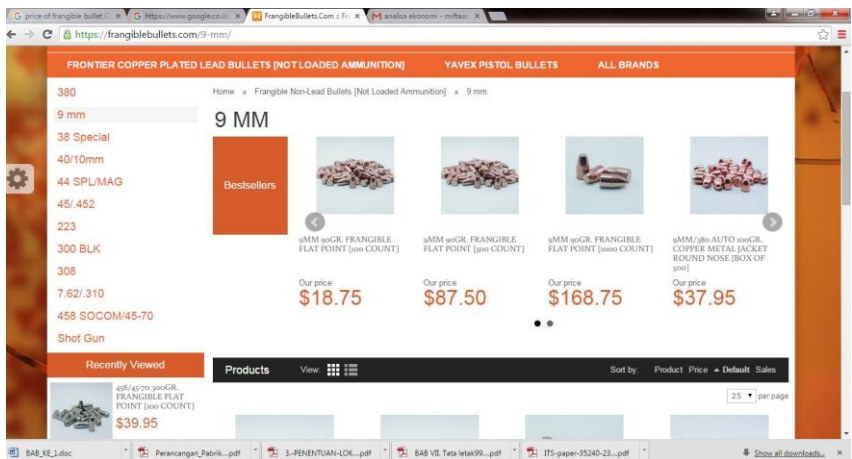
**Tabel A.3** Produksi Perusahaan Tambang Sn untuk Pemenuhan Bahan Baku Serbuk Sn

Nama Perusahaan	ton/tahun	gram/tahun
PT Koba Tin, Koba	25	25,000,000
PT Tambang Timah TBk	60	60,000,000
Mentok Tin Smelter	68	68,000,000
Koba Tin Smelter	25	25,000,000

## Lampiran B

### Analisis Ekonomi

Kapasitas produksi	= 1.168 ton/hari
	= 48.687,5 kg/jam
Lama operasi	= 24 jam 330 hari
Basis	= 1 hari
Nilai tukar rupiah (1 US\$)	= 13100 rupiah(16 Juni 2016)
Bahan Baku Cu	= 346.995/tahun
Bahan Baku Sn	= 38.61 ton/tahun
Total Bahan Baku	= 385.605 ton/tahun
1 Butir Proyektil	= 7.79
Proyektil yang dihasilkan	= 49,500,000/tahun
Price market	= Rp2,465.00



**Gambar B.1** Harga pasaran peluru *frangible*

## B.1 Harga Bahan Baku

**Tabel B.1** Harga Bahan Baku

Bahan	Kuantiti (ton)	harga/ton (USD)	Total
Serbuk Cu	346.995	99	34,352.51

Serbuk Sn	38.61	38450	1,484,554.50
Zinc Stearate	0.00192	1550	2.98
USD			1,518,909.98
IDR			19,897,720,751.10

## B.2 Harga Peralatan

Harga peralatan pada perhitungan analisis ekonomi ini merupakan harga yang didapatkan dari *website www.matche.com* yang memberikan harga peralatan berdasarkan FOB (*Free On Board*) dari *Gulf Coast USA*.

Harga peralatan setiap saat berubah tergantung pada perubahan ekonomi. Apabila harga alat pada beberapa tahun lalu diketahui, maka harga alat pada masa sekarang dapat ditaksir dengan menggunakan *Marshall and Swift Equipment Cost Index* seperti ditunjukkan pada Tabel B.2

**Tabel B.2** *Marshall and Swift Equipment Cost Index*

Tahun	<i>Annual Index</i>
2002	395.6
2003	402.0
2004	444.2
2005	468.2
2006	499.6
2007	525.4
2008	575.4
2009	521.9
2010	550.8
2011	585.7

(Chemical Engineering Plant Cost 1 Index)

Dengan metode *Least Square* dapat dilakukan penaksiran *index* harga rata-ratapada akhir tahun 2018. Penyelesaian dengan *Least Square* menghasilkan suatu persamaan berikut :

$$y = a + b(x - \bar{x}) \quad (19)$$

where  $a = \bar{y}$ , the mean value of  $y$

$$b = \frac{\Sigma(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)}{\Sigma(\bar{x} - x)^2}, \text{ the slope of the least-squares line}$$

**Tabel B.3** Penaksiran Indeks Harga dengan Metode *Least Square*

No	Nama Alat	Total	Harga US\$, 2014		Harga Total US\$, 2016
			Per Unit	Total	
1	Sieving vibratory	2	23400	46800	49143.60
2	Belt Conveyor	1	8500	8500	8925.65
3	Reaktor Mixing	1	93900	93900	98602.21
4	Powder Compaction Press	1	43700	43700	45888.36
5	Sinterite Electric Furnace	1	322680	322680	338838.79
6	Atomizer	2	6100	12200	12810.94
TOTAL (USD)				554,209.55	
TOTAL (IDR)				7,260,145,104.22	

### **B.3 Perhitungan Harga Peralatan Utilitas**

Utilitas yang dibutuhkan dalam pabrik ini antara lain adalah :

1. Air yang digunakan sebagai sanitasi dan proses
2. Udara yang digunakan untuk proses produksi setelah sintering

3. Listrik digunakan sebagai sumber tenaga penggerak pada peralatan proses serta sebagai sumber energi penerangan
4. Bahan Bakar sebagai sumber energi generator

Harga peralatan utilitas diperkirakan adalah sebesar 45 % dari harga peralatan ditambah harga peralatan (Coulson & Richardson, 2005)

Harga peralatan utilitas = Rp 3.267.065.296,90

Harga total peralatan pabrik = harga peralatan + harga utilitas

Harga total peralatan pabrik = Rp 7.260.145.104,22 + Rp 3.267.065.296,90  
= Rp 10.527.210.401,11

#### B.4 Gaji Karyawan

Penentuan Jumlah Karyawan Operasional

Kapasitas = 1,168 ton/hari

Jumlah *Operating Labor* = 8 pekerja x 8 tahapan proses

= 64 pekerja/hari

(Peter M.S, 1991)

**Tabel B.4** Daftar Gaji Karyawan

No	Jabatan	gaji/bulan	Jumlah Karyawan	Jumlah (Rp)
1	Dewan komisaris	50,000,000	3	150,000,000
2	Direktur utama	150,000,000	1	150,000,000
3	Direktur SDM	135,000,000	1	135,000,000
4	Direktur pemasaran	135,000,000	1	135,000,000
5	Direktur operasional	135,000,000	1	135,000,000
6	Direktur administrasi	135,000,000	1	135,000,000
7	Sekretaris	4,800,000	5	

				24,000,000
8	Manajer			
	a.Keuangan	30,000,000	1	30,000,000
	b.Produksi	30,000,000	1	30,000,000
	c.Personalia	30,000,000	1	30,000,000
9	Dokter	10,000,000	1	10,000,000
10	Perawat	5,000,000	2	10,000,000
11	<i>Supervisor</i>			
	a.Proses	12,000,000	3	36,000,000
	b. <i>Quality control</i>	8,000,000	2	16,000,000
12	Karyawan			
	a.Keuangan	6,000,000	3	18,000,000
	b.Produksi	6,000,000	3	18,000,000
	c.Proses	6,000,000	4	24,000,000
	d. <i>Quality control</i>	6,000,000	3	18,000,000
	e.Personalia	6,000,000	3	18,000,000
	f.Pemasaran	6,000,000	3	18,000,000
13	Sopir	3,000,000	2	6,000,000
14	Operator	5,000,000	15	75,000,000

15	Karyawan tidak tetap	3,000,000	3	9,000,000
TOTAL			1 bulan	1,230,000,000
TOTAL			1 tahun	14,760,000,000

### **B.5 Keuntungan**

Keuntungan = harga jual –TPC

Keuntungan = Rp123,750,000,000 - Rp69.764.874.779.35 (1 butir peluru = Rp2500.00)  
= Rp53,985,125,220.65

### **B.6 Pajak Penghasilan**

Pajak = 30% Keuntungan

Pajak = Rp 16,195,537,566.20

Keuntungan Setelah Pajak = Rp37,789,587,654.45

### **B.7 Profit Margin**

Profit Margin = Keuntungan :Harga Jual

= Rp53,985,125,220.65 : Rp123,750,000,000

= 0.44

### **B.8 Return Of Investment**

ROI = Keuntungan setelah pajak : Fixed Capital Investment

= Rp37,789,587,654.45 : Rp 41,835,134,134.03

= 0.90



## Lampiran C

Kabupaten	[Metode Baru] Indeks Pembangunan Manusia					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ACEH	67.09	67.45	67.81	68.3	68.81	69.45
SUMATERA UTARA	67.09	67.34	67.74	68.36	68.87	69.51
SUMATERA BARAT	67.25	67.81	68.36	68.91	69.36	69.98
RIAU	68.65	68.9	69.15	69.91	70.33	70.84
JAMBI	65.39	66.14	66.94	67.76	68.24	68.89
SUMATERA SELATAN	64.44	65.12	65.79	66.16	66.75	67.46
BENGKULU	65.35	65.96	66.61	67.5	68.06	68.59
LAMPUNG	63.71	64.2	64.87	65.73	66.42	66.95
KEP. BANGKA BELITUNG	66.02	66.59	67.21	67.92	68.27	69.05
KEP. RIAU	71.13	71.61	72.36	73.02	73.4	73.75
DKI JAKARTA	76.31	76.98	77.53	78.08	78.39	78.99
JAWA BARAT	66.15	66.67	67.32	68.25	68.8	69.5
JAWA TENGAH	66.08	66.64	67.21	68.02	68.78	69.49
DI YOGYAKARTA	75.37	75.93	76.15	76.44	76.81	77.59
JAWA TIMUR	65.36	66.06	66.74	67.55	68.14	68.95
BANTEN	67.54	68.22	68.92	69.47	69.89	70.27
BALI	70.1	70.87	71.62	72.09	72.48	73.27
NUSA TENGGARA BARAT	61.16	62.14	62.98	63.76	64.31	65.19
NUSA TENGGARA TIMUR	59.21	60.24	60.81	61.68	62.26	62.67
KALIMANTAN BARAT	61.97	62.35	63.41	64.3	64.89	65.59
KALIMANTAN TENGAH	65.96	66.38	66.66	67.41	67.77	68.53

**Gambar C.1** Indeks Pembangunan Manusia untuk pemenuhan tenaga kerja pabrik



## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari evaluasi secara teknis, pabrik ini sudah memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tingkat perencanaan. Dari segi ekonomi, pendirian pabrik Proyektil *Frangible* ini bisa dilakukan dengan pertimbangan dan kajian yang lebih detail dan teliti. Secara singkat, evaluasi tersebut dapat disajikan sebagai berikut :

#### A. Segi Ekonomi

##### 1. Pembiayaan

- Modal tetap (FCI) : Rp41,835,134,134.03
- Modal kerja (WCI) : Rp35,559,864,013.93
- Investasi Total (TCI) : Rp77,394,998,147.96
- Biaya Produksi per Tahun (TPC) : Rp73,948,338,192.75
- Hasil Penjualan per tahun : Rp53,985,125,220.65

##### 2. Investasi

- Pay Out Time : 3.38 tahun
- Break Event Point : 25%
- Return of Investment : 0.9%

#### B. Proses

- Pra Rencana Pabrik : Proyektil *Frangible*
- Operasi : Batch, 330 hari/tahun,  
24 jam/hari
- Kapasitas produksi : 1.168 ton/hari
- Kebutuhan Bahan Baku : 385.605 ton/tahun
- Lokasi Pabrik : Turen-Malang
- Jumlah Tenaga Kerja : 64 orang
- Bentuk Perusahaan : Perseroan terbatas
- Proses : Atomisasi,  
Karakterisasi, Mixing, Kompaksi, Sintering



Ditinjau dari kedua aspek yang telah dijabarkan diatas, maka pra rencana pabrik Proyektil *Frangible* ini layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan.

## 5.2 Saran

1. Melakukan permodelan perhitungan massa bahan baku, temperatur sintering, komposisi, tekanan kompaksi, dan lama waktu sintering
2. Melakukan pengujian proyektil hasil produksi yang menggunakan permodelan tersebut agar meningkatkan kualitas hasil produksi

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 1998. **ASM Metal Handbook Volume 7 Powder Metal Technologies and Applications**. Ohio: ASM International.
- Banovic, S. 2007. **Microstructural characterization and mechanical behavior of Cu–Sn frangible bullets**. *Materials Science and Engineering*, 428-435.
- Benini, Joseph C. 2001. **Frangible Metal Bullets, Ammunition, and Method of Making Such Articles**. Amerika Serikat. Nomer Paten : US 6,263,798 B1
- Coulson, dkk. 2005. **Chemical Engineering Design Fourth Edition**. Oxford : 30 Corporate Drive.
- Dewi, dkk. 2013. **Pra Desain Pabrik Sorbitol dari Tepung Tapioka dengan Hidrogenisasi Katalitik**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Elliot, K. 2004. **Medium Density Bronze Shot**. *Patent No. WO 2004/090464 A1*.
- German, R. 1984. **Powder Metallurgy Science**. USA: Metal Powder Industries Federation.
- Hansen. 2008. *Patent No. 7,392,746*. USA.
- Komenda, J. 2013. **Frangible Bullets: Wounding Capability and Clinical Aspects of Their Use**. Rusia: Povodni Prace.
- Kruachatturat. 2009. **Sintering Cu-Sn Materials for Frangible Bullets**. *The 3rd Thailand Metallurgical Conference*. Bangkok, Thailand.
- Martinez. 2013. *Patent No. 8,365,672 B2*. USA.
- Mikko, Don., Michael Kelley dan Jerry Miller. 2008. **Frangible Bullets, Dynamic Research Technolgies**. *AFTE Journal-- Volume 40 Number 1—Winter 2008*
- Moran, Sean. 2015. **An Applied Guide to Process and Plant Design**. USA : Elsevier, Inc.

- Nadkarni, Anil V., 2003. **Lead-Free Frangible Bullets and Process for Making Same**. Amerika Serikat Nomor Paten: US 6,536,352 B1
- Peter, M.S. 1991. **Plant Design and Economic for Chemical Engineers 4<sup>th</sup> Edition**. New York : Mc-Graw Hill, Inc.
- Petraco, N., DeForest. P. 1990. "Trajectory Reconstructions I: Trace Evidence in Flight". **Journal of Forensic Sci.** 35 (6), 1284-1296
- Rydlo, M. 2010. **Theoretical Criterion for Evaluation of The Frangibility Factor**. *Advances in Military Technology*, Vol 5, No.2.
- S. W. Banovic, S. P. 2008. **Microscopic fracture mechanisms observed on Cu–Sn frangible bullets under quasi-static and dynamic compression**. *J Mater Sci*, 4840-4848.
- Towler, Gravin. 2013. **Chemical Engineering Design : principles, Practice, and Economics of Plant and Process Design**. Oxford, UK : Elsevier Ltd.
- Wijana, Susinggih. 2013. **Perancangan Pabrik : Penentuan Lokaksi Pabrik**. Malang : Universitas Brawijaya.

## BIODATA PENULIS



**Mifta Ulul Azmi**, lahir di Maliana, Timor Leste pada tanggal 20 Desember 1993. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara pasangan Budiono dan Rina Hidayati. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Muhammadiyah 6 Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, dan SMA Negeri 5 Surabaya. Setelah lulus SMA pada tahun 2012 penulis diterima di Jurusan Teknik Material dan

Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN Tulis. Semasa kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi baik di dalam maupun di luar kampus. Penulis pernah menjabat sebagai Koordinator Putri Departemen Kaderisasi Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Ash Habul Kahfi tahun kepengurusan 2014/2015, dan Sekretaris Kementerian Kebijakan Kampus BEM ITS tahun kepengurusan 2014/2015. Dalam bidang akademik penulis juga pernah mendapat pendanaan dari DIKTI melalui Program Kreatifitas Mahasiswa Bidang Karsa Cipta.

Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT Industri Kereta Api (Persero) pada bulan Agustus 2015. Selama kerja praktek penulis menangani masalah *spot welding* pada material *side wall* kereta Bangladesh di PT Industri Kereta Api (Persero).

Tugas akhir yang diambil penulis dalam topik Metalurgi Manufaktur berjudul “Desain Proses Produksi Peluru *Frangible* dengan Proses Metalurgi Serbuk”.